

Rumford, Benjamin Thomson, Conde de

**Ensayos políticos, económicos y filosóficos ... /
del Conde de Rumford**

En Madrid : En la Imprenta Real, 1801

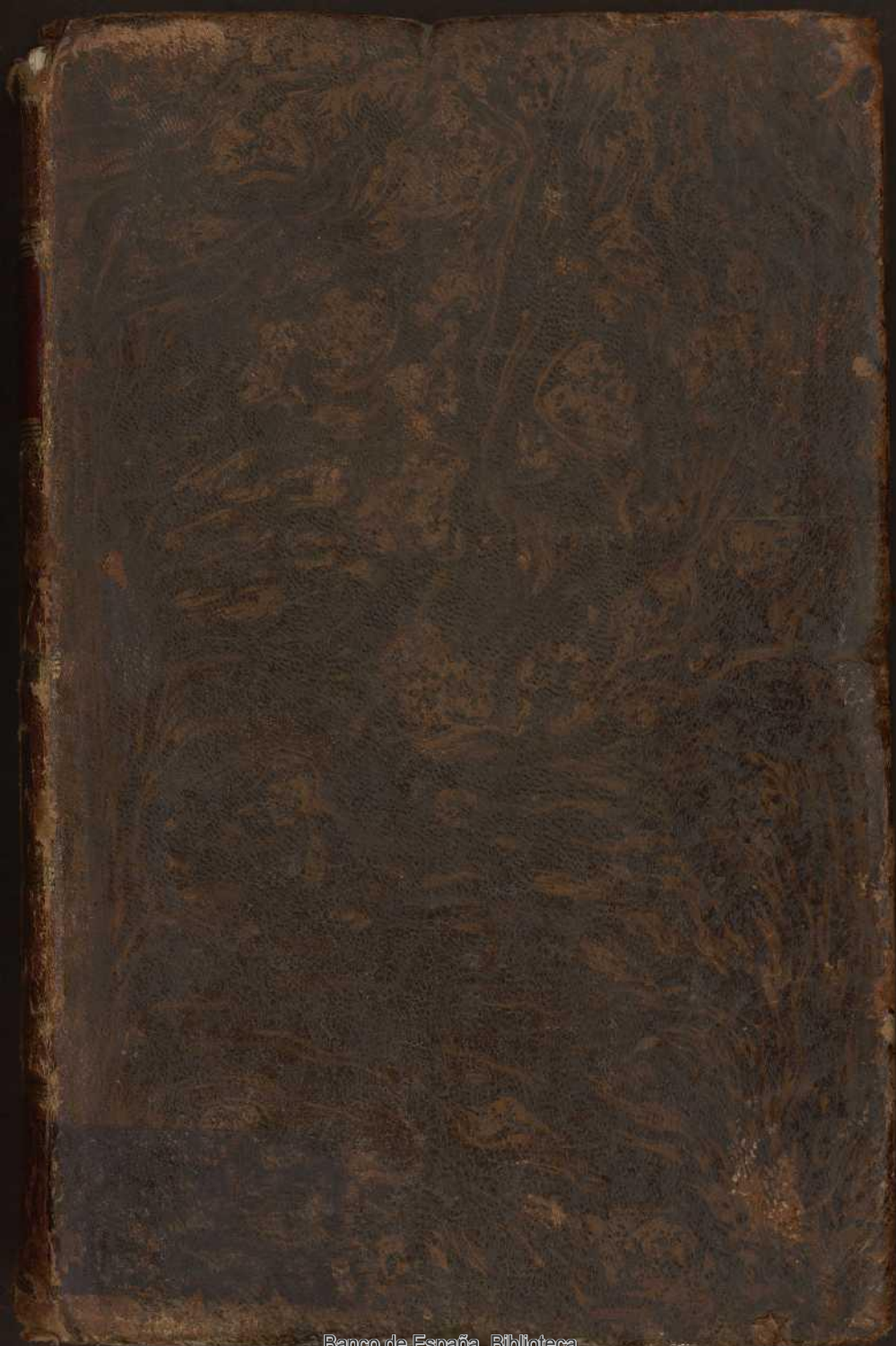
Signatura: FEV-AV-P-00611

La obra reproducida forma parte de la colección de la Biblioteca del Banco de España y ha sido escaneada dentro de su proyecto de digitalización

<http://www.bde.es/bde/es/secciones/servicios/Profesionales/Biblioteca/Biblioteca.html>

Aviso legal

Se permite la utilización total o parcial de esta copia digital para fines sin ánimo de lucro siempre y cuando se cite la fuente





Exlibris
Jesús Rodríguez Salmones



C.B.: 60000000110178

FEV-AV-P-00611

1559

ENSAYOS POLÍTICOS,
ECONÓMICOS Y FILOSÓFICOS
DEL CONDE DE RUMFORD,

TRADUCIDOS

DE ÓRDEN DE LA REAL SOCIEDAD ECONÓMICA

DE ESTA CORTE

POR SU INDIVIDUO

DON DOMINGO AGÜERO Y NEIRA.

TOMO SEGUNDO.



MADRID EN LA IMPRENTA REAL.

FOR DON PEDRO PEREYRA, IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M.

AÑO DE 1801.

TRATADO DE ECONOMIA POLITICA

ECONOMIA POLITICA

DEL COMERCIO DE NUESTROS DIAS

TRATADO

DE ECONOMIA POLITICA

DE ECONOMIA POLITICA

DE ECONOMIA POLITICA

DE ECONOMIA POLITICA



MADRID EN LA IMPRENTA REAL

1801

PRÓLOGO

DEL TRADUCTOR.

La traduccion de este segundo tomo de las obras del inmortal Conde de Rumford ha sido para mí uno de los trabajos mas dificiles y mas insuperables. Arredrado del sinnúmero de dificultades que me presentaban á cada paso, de una parte la natural abstraccion de las materias que se tratan en él, y de otra los defectos, obscuridades é implicaciones de que abunda la traduccion francesa, hubiera desistido de un empeño tan superior á mis fuerzas, si la Sociedad no fuese un cuerpo que exíge de mi adhesion á su noble instituto toda clase de fatiga y de penalidad.

Ni aun esta disposicion á emprender lo mas dificil, como interés á este digno establecimiento, hubiera bastado para hacerme terminar una version tan trabajosa. Faltáronme las fuerzas para dissipar la obscuridad con que estan traducidos al frances muchos artículos de la fisica mas acendrada, para deshacer las contradicciones de que abunda por la confusa explicacion de las ideas y principios mas importantes, y para reducir á nuestros denominadores la prodigiosa multitud de

Tomo II.

*

II

medidas de toda clase de monedas y de otras cosas de que el traductor frances llenó su trabajo con la omision tan freqüente , como reprehensible de no señalar el pais á que corresponde la medida ó numeracion que expresa.

Pero en una comision que nombró la Sociedad para la correccion de mi trabajo , compuesta de los Señores Don Ramon de Pison , Don Juan Alvarez Guerra , Don Joseph Garriga , Don Ramon Salcedo y Don Manuel Gomez Bustos, Secretario que ha sido de ella , encontré quanto podia desear para vencer unos obstáculos tan superiores á mis escasos conocimientos , especialmente en la ciencia física , y en el Sr. Garriga, Capitan de Ingenieros Cosmógrafos de Estado , quantas luces podia necesitar para arreglar los muchos cálculos de que abunda la obra , y las diversas clases de medidas y monedas á los denominadores de nuestra península. A estos sugetos de conocida instruccion se deben absolutamente los aciertos , el orden y la claridad que ahora tienen los pasages mas interesantes de la obra , y de que carece la traduccion francesa.

Así pues me aprovecho con el mayor placer de esta ocasion tan oportuna para presentar á unos compañeros semejantes un testimonio sincero de mi gratitud por la mucha parte que han tenido en mi trabajo , y para que el público , que jamas

III

ha dexado de apreciar ni de distinguir á los que de qualquier modo contribuyen á mejorar la suerte del infeliz , tribute conmigo á su beneficencia el homenaje que justamente merece.

En quanto á la importancia de los asuntos que comprehende este segundo tomo , y á la escrupulosa detencion con que los ha examinado el Conde de Rumford, basta decir que son de los que mas interesan á la humanidad , especialmente á aquella parte desgraciada y miserable , cuya mejor substancia fue el objeto de todos los Ensayos del primero. Este hombre benéfico no contento con presentar en él los medios para que todos sus semejantes vivan felices , y para que bendigan la exístencia que deben al Criador aun los que viven en la miseria y desnudez , se dedica en éste á hacer nuevos descubrimientos físicos , no con la mira de exponer nuevas y vanas teorías , sino con la de consumir y perfeccionar la grande obra de hacer dichoso al miserable.

Un objeto como este de tanta grandeza y dignidad le ha hecho algunas veces incurrir en digresiones que parecerán molestas , como el dice, al gusto del siglo. Mas en mi concepto, y sea lo que quiera del laconismo , que tanto se apetece en el dia , no debe parecer á los hombres sensibles pesada una obra en que se trata de destruir aquella miserable situacion , que hace odiosa á los

IV

ojos de muchos de nuestros semejantes hasta la luz del sol. Aun me atrevo á añadir, que el que abandone la lectura de Rumford solo por su prolixidad y frecuentes repeticiones, no debe pensar muy ventajosamente de la sensibilidad y patriotismo de su corazon.

PRÓLOGO

DEL TRADUCTOR FRANCES.

Los que hayan leído con interes la traduccion de la parte primera de los Ensayos del Conde de Rumford recibirán sin duda con las mismas disposiciones la continuacion de esta obra contenida en el tomo segundo. El autor ha creído deber reunir en esta segunda parte todas las investigaciones científicas que ha hecho sobre el calor , y particularmente sobre la propagacion de este en los fluidos. Esta obra es pues interesante para los físicos y para los sabios que se dedican al mismo estudio. Será igualmente útil á los que quieran profundizar la teoría de los principios que ha expuesto el autor en mucha parte de sus escritos sobre la economía del combustible. Pero aunque los Ensayos contenidos en este tomo convengan mas bien á esta clase de lectores, el Conde de Rumford en medio de las investigaciones mas abstractas no ha podido disimular la inclinacion que le domina : y cada

VI

aplicacion de sus experimentos , cada reflexion que resulta de ellos , indica su objeto , que es el de contribuir á la felicidad de la Sociedad , y ser útil á sus semejantes. Los que sin tanta instruccion esten animados del mismo espíritu y del mismo zelo patriótico leerán con ansia una obra tan apreciable , y que ademas no tiene nada de lo que pudiera hacerla espinosa ó poco divertida.

Aunque el Conde de Rumford deseó en un principio reducir sus Ensayos á dos volúmenes , la abundancia de materias y nuevos descubrimientos que ha hecho en ellos le obligarán á aumentar esta obra con otros dos tomos : el primero estará probablemente destinado á objetos de economía doméstica , y á experimentos sobre el mejor trato y manutencion del militar ; y el segundo á reflexiones sobre la policía de las ciudades grandes.

Como la confianza de S. A. S. E. Bávaro-Palatina ha tenido al autor á la cabeza de la policía de la ciudad de Munich con retencion de todos sus empleos , no hablará de este asunto sino por experiencia propia , y por la que el público , y particularmente los milita-

VII

res hayan hecho de sus útiles y benéficos proyectos (1).

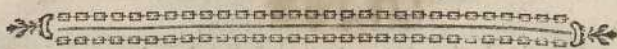
Este es un nuevo motivo , prescindiendo del que presenta el carácter del autor , para que sean acogidos sus trabajos con la distincion que merece. Si mis lectores estan satisfechos de mis esfuerzos para verter con pureza las ideas del Conde de Rumford , procuraré merecer tambien su aprobacion continuando una traduccion , que es en el dia una de mis mas agradables ocupaciones.

Mas antes de concluir este pequeño Prólogo juzgo que debo ofrecer al profesor Pictet el homenaje de mi reconocimiento por el cuidado que se ha tomado de rectificar en este segundo tomo las faltas que cometeria por mis pocos conocimientos en la ciencia física ; este es un motivo para hacer aun mas recomendable esta traduccion al público , que conoce la reputacion y los talentos de este autor , así por sus extractos en la *Biblioteca-Británica* , como por otros trabajos. Me reprehenderia ha-

(1) El Conde de Rumford acaba de ser nombrado Ministro Plenipotenciario de S. A. S. E. Bávaro-Palatino cerca de S. M. Británica.

VIII

ber robado algunos ratos á los trabajos importantes de este físico ilustrado, si no estuviera persuadido de que los Ensayos del Conde de Rumford deben obtener el voto general de los sabios, y de todos los que se interesen en el bien social.



ENSAYOS POLÍTICOS, ECONÓMICOS Y FILOSÓFICOS.

ENSAYO SEXTO.

*Sobre la conduccion del fuego y la economía
del combustible.*

CAPÍTULO PRIMERO.

El asunto de este Ensayo es curioso, y en extremo interesante: todas las comodidades y la mayor parte de los recreos de la vida se deben al fuego y al calor. Es inmensa la pérdida del combustible. Importa mucho á los particulares y al público su economía. Medios para valuar el que se pierde inútilmente. Establecimiento de la primera cocina en la casa de industria de Munich: gasto del que se consume en ella comparado con el de las cocinas de particulares. Plan de otras varias construidas en Munich segun otros principios baxo la direccion del autor. Introduccion.

Sabias observaciones sobre este objeto.

Entre los asuntos que ocupan á los sabios ninguno es capaz de excitar mas admiracion y curiosidad que el fuego; ni hay otro generalmente mas útil á la humanidad. No nos admira ni conocemos las ventajas que sacamos de él porque estamos familiarizados con sus

efectos desde la niñez. A él debe el hombre una gran parte de los recreos y comodidades que le ha proporcionado su saber ; y su superioridad sobre las demás criaturas se demuestra tambien por el imperio que tiene sobre este elemento , como por el uso de la palabra.

He contraído la costumbre de observar todo lo que pertenece á la economía del calor , porque miro este objeto interesante como uno de los mas importantes á la sociedad ; por conseqüencia de esto descubrí bien pronto el abandono con que se miraba esta ciencia , y quantos descubrimientos del mayor interes se podian hacer en las varias operaciones en que se usa del calor para las necesidades de la vida.

La pérdida excesiva del combustible en todos los paises es notoria aun al observador mas superficial : es tan grande el uso que se hace del fuego , que el combustible viene á ser un objeto de primera necesidad ; y es tan costoso , que no se puede negar quanto importa exâminar este asunto.

La economía del combustible tiene de particular que todo lo que ahorre un individuo viene á ser al mismo tiempo útil al resto de la sociedad ; porque los géneros venales son tanto mas baratos quanto menos freqüentes son las compras ; y como todos los objetos de industria , todas las artes y manufacturas sin excepcion , dependen directa ó indirectamente de las operaciones que necesitan del fuego , importa infinito á los paises comerciantes é industriosos que el combustible esté lo mas barato que se pueda. En los paises mismos que no tienen fábricas , y donde la agricultura es el único recurso de que subsisten sus habitantes , si se emplea la leña para quemar , depen-

diendo en gran parte la proporcion de tierras labrantías con respecto á la leña del consumo de esta, resultarán de economizar el combustible bosques que roturar reservados antes para la maleza, y por consiguiente mas tierras cultivadas, mayor poblacion, fuerza, riqueza y prosperidad nacional.

Pero lo que hace todavía mas interesante este asunto es el grande alivio que experimentan los pobres de los climas frios ó de las grandes poblaciones con la baratura considerable del combustible, ó con qualquiera invento que tire á economizarlo proporcionando los mismos usos. Los que no han experimentado el rigor de las estaciones, ni visto lo que padecen los pobres pasmados de frio y muriéndose de hambre en sus miserables cabañas, no pueden tener sino una idea muy imperfecta de la importancia del asunto que voy á tratar en este Ensayo.

Mis observaciones no podrán menos de interesar á los que tengan gusto en hacer bien al género humano propagando los conocimientos útiles, y facilitando los medios de procurarle los recreos y comodidades de la vida.

Aunque todos conozcan que el combustible que se consume en casi todos los pueblos es tan considerable como inútil, sea por ignorancia ó por falta de economía, creo sin embargo que hay pocos que conozcan verdaderamente lo mucho que se malgasta.

Por el resultado de mis observaciones estoy convencido que nada menos que las siete octavas partes del calor producido por el combustible, ó del que se pudiera utilizar, pasan á la atmósfera reducidas á humo, y se pierden absolutamente. No he fixado mi

opinion con superficialidad ; al contrario , es el resultado de una multitud de experimentos y de las mas escrupulosas observaciones ; pero en un asunto de tanta importancia me creo obligado á no anunciar desnudamente mi opinion , sino á presentar á un mismo tiempo las bases sobre que está establecida para que cada uno pueda juzgar de la certeza ó probabilidad de mis escritos.

No seria difícil demostrar , considerando únicamente la naturaleza del calor , el modo con que es producido durante la combustion , y el de su posterior existencia , y que se pierde una gran porcion de calor en todas las operaciones acostumbradas para hacer hervir qualesquiera líquidos ; porque quando el vaso que contiene el líquido que se trata de cocer está arrimado á un fuego descubierto , no solo se pierde una gran parte del calor radiante , sino que penetra al vaso muy poco del que existe en la llama , en el humo y en los vapores caldeados ; todo lo demas se escapa rápidamente por la chimenea. Pero sin insistir sobre estos razonamientos que no tienen réplica , procuraré fundar el hecho de que se trata en una base mas sólida , qual es la de la experiencia.

Para hacer los experimentos necesarios á las observaciones que he hecho sobre este asunto he procedido del modo siguiente. Como es desconocida la cantidad de calor que puede producir cierta cantidad de combustible , no hay medida fixa con la qual se pueda comparar el resultado del experimento para calcular exactamente la proporcion del calor que se ha aprovechado con el que se ha perdido.

En vez pues de fixar directamente este punto , me

he visto obligado á recurrir á aproximaciones. En lugar de determinar la cantidad de calor inutilizado en una operacion dada , procuré averiguar con quanto menos combustible se podia hacer la misma operacion disponiendo mejor el fuego y los utensilios necesarios. Habiéndome encargado S. A. S. E. Bávaro-Palatina la formacion de muchos establecimientos públicos , entre otros la casa de industria para los pobres y la Academia militar , de que he hablado en el primer tomo de mis Ensayos , tuve proporcion de realizar al tiempo de hacer los arreglos interiores de estos establecimientos , mis ideas sobre la conduccion y la economía del fuego , y de determinar por reiterados experimentos y hechos baxo una grande escala la importancia de las reformas que yo he introducido.

No se podrá dudar de que se han hecho muchos experimentos en ambos establecimientos de siete años á esta parte , sabiéndose que la cocina , ó por mejor decir el hogar de la cocina de la casa de industria se ha demolido , y hecho de nuevo por tres veces , y dos el de la Academia militar , y que tambien se han variado muchas mas veces la hechura de las calderas y la construccion interior de los hogares.

Se demostrará la importancia de las reformas introducidas por resultado de mis observaciones en la conduccion y manejo del calor necesario para cocer los alimentos , comparando la porcion de combustible que se consume en estas cocinas con la que se gasta en las construidas segun el método antiguo. Estas reformas probarán al mismo tiempo con claridad y evidencia que en todas las operaciones ordinarias donde se emplea el fuego como un intermedio se consu-

me inútilmente una gran porcion de combustible.

El resultado de los experimentos siguientes, que he hecho con el mayor cuidado, hará ver como se pierde una porcion de combustible haciendo cocer el agua ó qualquier otro líquido en un fuego descubierto segun el método ordinario, y la economía que resulta de disponer y de arreglar mejor la lumbre.

Primer experimento.

Se echáron en una caldera de cobre de la cocina de la Academia militar de Munich de 22 pulgadas del Rin de diámetro superior, 19 y media por el fondo, que pesaba 63 libras y 13 onzas, y estando bien fixada por su alderredor, 246 libras y media de agua, y habiéndose llevado hasta el temperamento de 58 grados (termómetro de Fahr.) se encendió lumbre baxo de ella con leña de haya seca, y se hizo cocer el agua y continuar el hervor por espacio de dos horas: el resultado del tiempo empleado y de la leña consumida ha sido;

	Tiempo empleado.		Leña consum.	
	hor.	min.	lib.	onz.
Para que cociese el agua	1	1	11	11
Para que continuase el hervor .	2	0	02	10
Total . . .	3	1	14	5

Segundo experimento.

Transportada la misma caldera á la cocina del Baron de Schwacheim, hermano del Director de la Aca-

demia, y habiéndola echado la misma porción de agua con el mismo temperamento, despues de colocarla sobre unas trebedes, se usó de la misma leña que en el anterior experimento : su cocinero encendió la lumbré, y se le mandó que la economizase quanto fuese posible. Empezó á hervir el agua, y se continuó por dos horas.

El resultado de este experimento fue el siguiente.

	Tiempo empleado.		Leña consum.	
	her.	min.	lib.	onz.
Para que cociese el agua	1	31	47	13
Para mantenerla hirviendo	2	00	18	9
Total . . .	3	31	66	6

Siendo pues una misma la caldera en que se hicieron ambos experimentos, las mismas cantidades de agua, y uno mismo su temperamento, y en fin haber continuado el cocimiento por igual espacio, es evidente que las cantidades de leña consumida demuestran la diferencia que existe entre ambos modos de disponer la lumbré, y las ventajas del primero. La diferencia del combustible gastado es muy considerable, á saber, de 52 libras y 4 onzas. Esto solo demuestra evidentemente quanto combustible se consume inútilmente segun el método comun de guisar, y quanto puede economizarse con solo disponer bien el fuego. Pero por grande que parezca la economía que ha resultado de los experimentos anteriores, se verá mas adelante que aun se puede economizar mas.

En el segundo experimento se tuvo cuidado de co-

locar la leña del modo mas ventajoso; pero en general se para poco la consideracion en esto, y las mas veces se aumenta el consumo del combustible por el descuido de los criados, el qual no puede causar una pérdida considerable de él en los hogares construidos por buenos principios, porque el sitio donde se ha de colocar la leña está bien señalado y cercado por todas partes. Esta ventaja no es una de las menores que tienen los nuevos hogares.

Experimento tercero.

Se echáron en un perol de cobre de $11\frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro superior, y $3\frac{3}{4}$ de profundidad, quatro azumbres de agua, que pesaban 7 libras y media al temperamento de 58 grados (termómetro de Fahr.), y habiéndose puesto baxo de ella lumbre hecha de trozos pequeños de haya cortados á lo largo de casi 4 pulgadas, se hizo cocer el agua, y se sostuvo el hervor por espacio de dos horas.

El resultado del experimento es el siguiente.

	Tiempo empleado.		Leña consum.	
	hor.	min.	lib.	onz.
Para que cociese el agua	0	12	1	1
Para que continuase el hervor .	2	0	0	9
Total . . .	2	12	1	10

Quarto experimento.

Igual porcion de agua del mismo temperamento

echada á cocer en el mismo perol colocado sobre unas trebedes, y encendida la lumbre de haya seca baxo de ella, resultó lo siguiente.

	Tiempo empleado.		Leña consum.	
	hor.	min.	lib.	onz.
Para que se cociese el agua . . .	0	28	00	0
Para continuar el hervor	2	0	12	3
Total . . .	2	28	12	3

La diferencia del resultado de ambos experimentos es casi la misma que la de los anteriores, y camina á probar que para cocer los alimentos ó el agua á un fuego descubierto se necesita cinco veces mas calor que quando está reconcentrado en un fogon cerrado, y quando se sabe dirigir su accion convenientemente.

Pero es preciso repetir aquí lo que he dicho ya con respecto á los experimentos anteriores, y es que habiéndose hecho los experimentos núm. 2.^o y núm 4.^o con la mayor escrupulosidad y economía, su resultado cotejado con el que se ha conseguido colocando los mismos vasos en hogares cerrados, no puede dar una idea mas exâcta de la pérdida real del calor ni del combustible que se gasta en las operaciones ordinarias para guisar.

Segun las diversas valuaciones que tengo hechas sobre este objeto con el mayor cuidado, cómputos fundados sobre la cantidad de combustible consumido en la cocina de varios sugetos, comparada con la cantidad de las diferentes especies de alimentos preparados para la mesa, parece que se pudieran ahorrar nueve

partes de diez de la leña que se gasta en las cocinas que tienen la lumbre al descubierto adoptando la construcción de las que he dado el modelo con mi método de dirigir el calor.

Pero estas ventajosas reformas se pueden adoptar no solamente en estas cocinas, sino tambien en los fogones altos y cerrados, y en general á todas las invenciones de esta especie que se han construido hasta el dia, porque todas estas segun mis ideas pueden perfeccionarse todavía.

Las alteraciones que se pueden adoptar en el arreglo mecánico del combustible resultarán evidentemente del éxito de los varios reparos que he hecho en distintos tiempos en las cocinas de la casa de industria de Munich y de la Academia militar, y de los efectos que han producido estas mejoras progresivas.

Me pareció un objeto digno de la mas seria atención la economía del combustible en la casa de industria, por ser un establecimiento de caridad pública, y por mantenerse diariamente de su cocina de mil á mil y quinientas personas, y me apliqué á él con tanto mas placer quanta era la relacion inmediata que tenia con el fin de mis investigaciones filosóficas.

Desde mucho antes me habia dedicado á meditar sobre el calor y sobre las leyes de la naturaleza, y tuve la felicidad de hacer algunos descubrimientos, que fueron dignos de insertarse en las Transacciones filosóficas de la Sociedad Real de Londres.

La última memoria que escribí sobre este punto, publicada en el tomo del año de 1792, me valió el premio anual que distribuye la Sociedad. Deseo que

no se tenga esto por jactancia mia. El único motivo que tengo para referirlo es probar que no me era desconocida esta materia quando emprendí las disposiciones económicas que voy á referir ; sino que al contrario estaba preparado, y aun caracterizado, para tratar un asunto tan importante.

Creo que una de las principales obligaciones de los que se proponen hacer adoptar descubrimientos útiles al género humano, es no solamente merecer, sino tambien no omitir cosa alguna para lograr la confianza de aquellos á quienes presentan sus ideas. Me parece que es mas orgulloso y presumido el que da por cierto que todo el mundo debe conocer su mérito y sus títulos para tratar el objeto que le ocupa, que aquel que indica modestamente las bases sobre que el público puede confiar en su doctrina.

Vuelvo ahora á mi asunto (1). Antes del primer establecimiento de la cocina en la casa de industria de Munich en el año de 1790, se colocáron ocho calderas grandes capaces cada una de contener casi 152 azumbres, en dos filas sobre un fogon alto construido con solidez en medio de la cocina, y de 3 pies de altura, 9 de ancho y 18 de largo, de manera que una sola lumbre encendida en una de las extremidades del fogon cocia el agua de todas las calderas por medio de varios conductos ó tubos de calor hechos por dentro del fogon. Aunque ninguna de las calderas tocaba inmediatamente al fogon, y algunas distaban demasiado entre sí, se calentaban muy facilmente y en muy corto

(1) Habiéndose substituido á la mayor parte de estas invenciones otras mucho mas ingeniosas, hablo siempre como de cosa pasada.

tiempo por el calor que se comunicaba por los tubos de hierro colado que habia hecho construir.

Cada caldera se podia calentar con las otras ó con separacion , porque cada uno de los tubos tenia un tapon que se podia quitar ó poner segun se quisiese, y abriéndolos mas ó menos se podia comunicar mas ó menos el calor á esta ó á aquella. Quando ya no era menester mas calor , ó quando era la lumbre muy viva , se abria un tapon que comunicaba á un conducto muy ancho , y se escapaba por él á la chimenea todo el calor , ó sola una parte, sin acercarse á las calderas.

La combustion se determinaba por medio de un registro hecho á la puerta del cenicero, que daba paso al ayre que afluye al fogon ; y quando no era menester mas calor , se apagaba la lumbre , cerrando este registro y los tapones de los tubos que se comunicaban con el hogar.

Este era ovalado de 3 pies de largo , 2 pies y 3 pulgadas de ancho , y 18 de alto , con una bóveda doble y un paso de 4 pulgadas para el ayre por entre las dos bóvedas. El combustible se metia en el hogar por un agujero con una puerta doble de hierro, y se consumia sobre una rejilla del mismo metal, y el ayre que le mantenía venia dirigido por debaxo de la rejilla donde estaba el cenicero.

Para que no se disipase el calor desde el hogar hasta las calderas se hicieron dobles los tubos de comunicacion, es decir , el uno metido dentro del otro. El tubo interior, que conducia el calor, y que tenia por dentro 5 pulgadas de ancho y 6 de alto , estaba colocado , ó por decirlo así , aislado en otro mas

ancho , de manera que el tubo por donde pasaba el calor , y que se habia hecho con ladrillos muy delgados , ó mas bien con tejas , estaba rodeado por un muro de ayre contiguo. El tubo que le contenia , que estaba unido con la obra del fogon , hacia que estuviesen ambos ocultos. Los tubos dobles y la segunda bóveda no tenian otro objeto que el de contener mas eficazmente el calor , y estorbar que se perdiese inútilmente entre la obra del fogon.

Habiendo descubierto en mis experimentos que el ayre contiguo es el mejor obstáculo que se puede oponer al calor para concentrarle (1) , procuré aprovecharme de este hallazgo en estas disposiciones económicas , y mis experiencias tuviéron un resultado feliz.

No solamente el hogar y los tubos de comunicacion entre este y las calderas estaban rodeados de ayre contiguo , sino que tambien se procuró hacer lo mismo para contener el calor en las calderas , y estorbar que se escapase á la atmósfera. Esto se consiguió haciendo unas coberteras dobles para las calderas , las cuales (véanse las figuras 1.^a y 2.^a lám. 1.^a) eran de hierro batido estañado de la hechura de un cono cóncavo. La altura de este era igual á la tercera parte de su diámetro , y el ayre que contenia estaba encerrado herméticamente por estarlo el fondo del cono con una plancha redonda de hierro estañado. Este fondo ajustado exáctamente con la parte superior de la caldera , la tapaba por todas partes por medio de un reborde de dos pulgadas de ancho que entraba dentro

(1) Véanse las Transacciones filosóficas del año de 1792 , 1. parte.

de la caldera. Este estaba soldado con la plancha de hierro que formaba el fondo de la cobertera. El vapor producido por la ebullicion de los líquidos contenidos en la caldera pasaba por un tubo de media pulgada de diámetro , el qual atravesaba la cobertera cónica , y estaba bien soldado á sus dos extremidades, de manera que el ayre que ocupaba el cono estaba contiguo , y al mismo tiempo separado del ayre exterior y del vapor que sale de la caldera.

Hice el ensayo en algunas de las coberteras de llenar la parte cóncava del cono con estopas ; pero no encontré que el calor estuviese por este medio mas contiguo al ayre que estando lleno de este.

Para convencer á los extrangeros , á quienes atraia la curiosidad de la ventaja de usar de estas coberteras dobles para retener el calor en las calderas , se puso una de ellas sobre una caldera ; y como era enteramente semejante á las otras por el exterior , era imposible distinguirla ; pero como no tenia fondo , y por consiguiente ayre confinado entre el vapor que salia de la caldera y la superficie exterior de la cobertera, colocándola en una caldera llena de agua hirviendo se calentaba en el instante , y quemaba á los que la querian tocar , mientras que una cobertera doble hecha con la misma materia y colocada en la misma situacion, apenas se caldeaba tanto que no se pudiese tener en la mano por mucho tiempo sin el menor inconveniente.

Como era fácil de concebir que lo que se calentaba en un instante en disposicion de quemar la mano, no podia menos de comunicar mucho calor á la atmósfera , vino á demostrar convincentemente la utilidad de

estas dobles coberteras, y yo tuve la satisfaccion de ver adoptado su uso.

Acaso no seria necesario informar á mis lectores que uno de los principales motivos que me habian obligado á tomar tanto trabajo en la disposicion de esta cocina era el de extender el uso de los descubrimientos útiles relativos á la conduccion del calor y á la economía del combustible. Pienso, y con justo motivo, que un establecimiento tan interesante por todos respectos, y tan importante por sus conseqüencias, qual lo era una casa de industria establecida baxo de un plan vasto y liberal donde se reunen todas las profesiones y manufacturas baxo un mismo techo; donde los pobres necesitados de todas edades y sexos hallan un asilo agradable y una ocupacion proporcionada á sus fuerzas y á sus talentos; donde se excita la industria, no por castigos, sino por el mas suave tratamiento y las recompensas mas generosas, no podian menos de excitar la curiosidad del pueblo, y de atraer un gran concurso de extrangeros. Creí pues que debia aprovecharme de esta ocasion favorable para fixar la atencion pública sobre todos los adelantamientos útiles, y tomé en conseqüencia de esto mis medidas. No solamente la cocina, sino tambien la panadería, las estufas para calentar las piezas, todos los utensilios y máquinas que se usaban en las varias manufacturas, todas las invenciones y arreglos mecánicos que caminaban á facilitar las operaciones de una industria útil eran otros tantos modelos que yo queria se imitasen; pero prescindiendo de estos motivos de utilidad pública, yo tenia un resorte mucho mas poderoso, que dedicó toda mi atencion á este objeto; á saber, el de-

seo de adquirir un conocimiento mas perfecto de la naturaleza del calor y de las leyes que le dirigen. Esta me empenó en añadir muchos accesorios á mis aparatos, aunque mirase estas adiciones para usarse generalmente por muy complicadas.

Por exemplo, en vez de dexar escapar á la atmósfera el vapor que se elevaba de los líquidos, los hacia pasar á unos tubos que lo conducian á un aposento sobre la cocina, y de aquí á un conducto en forma de espiral que atravesaba un gran tonel lleno de agua fria, se condensaba y calentaba el agua, la qual servia para llenar el dia siguiente las calderas. Para que no se enfrie por la noche, el tonel que la contiene está metido dentro de otro mas grande, y lleno de lana el hueco. Finalmente, para que no se enfrie el vapor al pasar de la caldera al tonel, se estañaron los conductos, y se tapáron con unas pieles de carnero con la lana por defuera para evitar el contacto del ayre atmosférico.

Por este medio se aprovechaba el calor que se hubiera disipado en vapores y perdido inútilmente, deteniéndole en su curso, y haciéndole volver á la caldera de donde habia salido, y servia el dia siguiente.

Tambien me aproveché del humo por otra invencion. Despues de haber pasado por baxo de las calderas, y al tiempo de marcharse por la chimenea, se le detenia y se le obligaba á pasar por un jarro ancho de cobre lleno de agua fria, y allí dexaba la mayor parte del calor que contenia. Como habia creido que seria muy bueno secar perfectamente la leña, y aun calentarla antes de servirse de ella, obligaba al humo de dos calderas á pasar por debaxo de una plancha de

hierro que está en el fondo de un horno, debaxo de la qual se pone la leña que ha de servir para el día siguiente, y se seca perfectamente en las 24 horas despues de haberla partido en muchos pedazos (1).

Habia en una cocina inmediata de menor capacidad que esta que estaba siempre abierta al público para que sirviese de modelo cinco calderas de cabidas diferentes puestas en un fogon macizo de hechura semicircular, calentadas por una sola lumbre, y despues de haber pasado el humo por debaxo de todas ellas, calentaba ó un horno, ó el agua contenida en un tonel puesto sobre el fogon: un tubo de cobre estañado por el exterior atravesaba á este, y dexaba pasar el humo: el tubo estaba unido con el fondo del tonel por una rodela de cobre, por la qual pasaba el humo y tapaba un agujero circular que habia en el fondo del tonel un poco mas ancho que el tubo.

La union de esta rodela con el tonel estaba hecha á prueba de agua por haber intercalado en la juntura un carton. El tubo estaba soldado, y tenia casi seis pulgadas de diámetro por mas arriba de la rodela: al entrar en el tonel se dividia en 3 del tamaño de 4 pulgadas de diámetro, que atravesaban paralelamente toda la longitud del tonel, y salian fuera de él por tres agujeros hechos en su parte superior, y terminaban en un cañon que iba hácia la chimenea.

(1) Se acostumbra en la Baviera partir con hacha la leña en vez de hacerla serrar, y ciertamente esto no economiza el combustible. Yo propuse al Conde de Rumford adoptase en la casa de industria de Munich el uso de una sierra de contrapeso como la de que se sirven en la fundición de Strasburgo. Con esta máquina el hombre de menos fuerzas puede serrar tanta madera como dos jornaleros con una sierra comun.

Nota del traductor Frances.

Este, que servia para dar paso al humo del tonel, estaba dividido en muchas partes para hacer mayor la superficie del tránsito del humo, y dexase algun mas calórico. El agua baxaba al tonel por medio de un tubo de plomo que se comunicaba con un receptáculo que habia en lo alto del quarto, y estaba dispuesto todo de tal manera que quando se sacaba agua del tonel, se reemplazaba en el instante por la del receptáculo; y así que la del tonel llegaba á su nivel, dexaba de caer la del receptáculo.

No hubo cosa que causase mas admiracion y curiosidad á los que venian á visitar la cocina, que ver sacar agua hirviendo de un tonel sin lumbre que la calentase. He explicado esta invencion con particularidad, porque creo que puede ser muy útil. No se puede discurrir otro medio mas á propósito para comunicar calor á los fluidos, ni con menos gasto; y como la madera es no solamente uno de los mejores no-conductores del calórico, sino que tambien se puede rodear facilmente de ayre contiguo por forros de pellejos, ó por otros cuerpos que puedan embeberse el calor, se pudiera evitar casi siempre la pérdida del fuego que se marcha por las paredes del tonel.

¿Por qué no han de ser de madera las calderas que se usan en las salinas, en las fábricas de cerveza, ó en cosas semejantes en donde se calientan grandes porciones de agua, de la qual se evapora mucha parte, y no se atravesarán por ellas unos tubos horizontales de hierro ó de cobre que tuviesen comunicacion con el hogar para que circúlase libremente el ayre? Pero aun no es tiempo de tratar de esto: vuelvo á la construccion de las cocinas.

Se creyó necesario para preparar la sopa de los pobres de la casa de industria mantener el fuego por espacio de cinco horas, porque necesita cocer tres paños para salir bien hecha.

El combustible que se gastaba en esta cocina era de haya seca : el peso medio del haz de 5 pies, 8 pulgadas y 3 décimos de longitud, medida de Inglaterra: 5 pies, 8 pulgadas y 9 décimos de altura, y 3 pies, 1 pulgada y 1 tercio de ancho era de 2741 libras y 4 onzas, y su coste ordinario era 43 reales y 20 maravedis.

Quando se hacia sopa para mil personas se gastaban diariamente 391 libras poco mas ó menos, que viene á ser la séptima parte del haz referido, y por consiguiente se gastaban 6 reales y poco mas de 7 maravedis : segun este cálculo se gastaba únicamente para preparar el alimento de cada una de estas mil personas poco mas de una quarta parte de maravedí.

Para calcular el gasto diario del combustible que seria preciso consumir para disponer la misma especie de sopa en las cocinas particulares, se ha de suponer que las mil personas que se mantienen en la casa de industria de Munich estan divididas en familias de cinco personas cada una. Serian doscientas las familias, y dividiendo las 391 libras de leña que se consumen en la cocina pública para mantener las mil personas en estas doscientas familias, toca consumir diariamente á cada una poco menos de 2 libras; y en este supuesto con un haz de leña del peso de 2741 libras y 4 onzas tenia una familia para guisar su comida durante 1466 dias, ó lo que es lo mismo durante 4 años y 6 dias.

Pero segun las mas exâctas investigaciones con relacion al verdadero consumo del combustible que hace

una familia para guisar el alimento que necesita , componiéndole como se acostumbra al fuego descubierto, resulta que para guisar 5 libras de sopa de guisantes es menester consumir á lo menos 16 libras menos una onza de haya seca de la mejor calidad ; por consiguiénte un haz de esta leña en vez de ser suficiente para componer la comida de una familia de cinco personas por 4 años , apenas servirá para 5 meses.

De aquí resulta que el consumo de combustible en las cocinas particulares es al de la cocina de la casa de industria de Munich para guisar los mismos alimentos como diez á uno (1). Pero se debe notar que esta diferencia no proviene en su totalidad en el modo de disponer las lumbres ; porque prescindiendo del efecto producido por la construccion del hogar , y por el mecanismo de los utensilios , siguiendo el mismo método para colocar la lumbre , quanto sea mayor la porcion de alimentos que haya que preparar , ó quanto mas grande sea la caldera (hasta cierto punto sin embargo) , menos leña será necesaria , pues guisando grandes porciones de alimentos se ahorrará mucho combustible ; pero trataré mas adelante de este asunto con alguna detencion.

La cocina de la casa de industria se acabó de construir en el año de 1790 , y poco despues hice construir otras dos cocinas públicas en Munich de grandes cabidas ; á saber, la de la Academia militar y la del Jardin ingles , donde mas de 200 oficiales hacian su comida durante las anuales asambleas.

(1) Todavía se ha economizado mas el combustible , como se hará ver en la prosecucion de este Ensayo , haciendo varias reformas en la construccion de la cocina de la casa de industria.

Hay tambien en este Jardin , que tiene seis millas de circuito , una posada , una quinta , y una casa para vender leche , y estos varios establecimientos fuéron la causa de construir otras quatro cocinas , á saber, dos para la posada , una para la quinta , y otra para la casa de vacas ; y los diversos usos para que servian ofrecian tantas variedades , que ademas de todas las operaciones necesarias para guisar , prestaban muchas veces la ocasion de hacer las mismas operaciones en proporciones muy diversas , y por consiguiente los medios de hacer experimentos interesantes con respecto á la conduccion del calor y á la economía del combustible.

Los que conocen el ardor que inspiran las investigaciones filosóficas á los verdaderos amantes de las ciencias creerán facilmente que no desperdicié una ocasion de profundizar todos los detalles de un asunto que me ocupaba desde mucho antes , y cuyo exámen era una de mis ocupaciones favoritas.

Como son muy numerosos los experimentos que he hecho en todos estos establecimientos de seis ó siete años á esta parte , seria muy fastidioso referirlos por menor : me contentaré pues con decir los resultados , y hablar de los que me han parecido mas importantes. Con respecto á la particular construccion de las cocinas , como se han reformado la mayor parte , y ninguna de ellas permanece en su primer estado , no creo que debo hablar mucho de este asunto ; haré sencillamente mencion de los principios baxo que se han construido , y de los defectos que he descubierto ; pero quando hable de las cocinas reformadas , que despues de bien experimentadas se pueden recomendar

por modelos, haré la descripción con mucha exactitud, y con la mayor prolixidad.

Creo que no será muy difícil tomar una idea exacta de la construcción de la cocina de la casa de industria con lo que acabo de decir sin orden. La de la Academia militar se ha construido por otros principios: en vez de calentar todas las calderas por medio de un solo hogar, tiene su hogar particular cada caldera; y aunque todas tienen sus coberteras dobles semejantes á las de la casa de industria, sin embargo no se ha tomado precaucion alguna para recobrar el calor que se escapa con el humo; porque en vista de los experimentos hechos en la casa de industria se ha hallado que quando el calor no tiene mas que el grado necesario para llevar el líquido al estado de ebullicion, ó de hacerle cocer ligeramente, la porcion de vapores producida por el calor es poco considerable, y no merece el trabajo de recogerla. Cada hogar en la Academia militar tenia una rejilla de hierro, sobre la que se quemaba la leña, y la abertura del hogar, así como la que comunica al cenicero, se cerraban con puertas de hierro.

Pero habiendo observado que la puerta de hierro que cerraba el paso por donde se introducía la leña en el hogar se calentaba facilmente, y por consiguiente ocasionaba una pérdida considerable de calor, comunicándole en la atmósfera que le rodea, para remediar este inconveniente sin hacer el gasto de puertas dobles se quitó la puerta de hierro, y se puso en su lugar un cilindro cóncavo, ó mas bien un cono truncado de barro cocido, de 4 pulgadas de largo, 6 de diámetro interior y 8 de exterior por su mayor an-

chura, 5 y media de diámetro interior, y 7 y media de exterior por su parte mas estrecha. Este cono estaba fixo por su exe, y en una posicion horizontal; su mayor base miraba al medio del agujero que va al hogar, el qual unido sólidamente con la fábrica con yeso formaba su cavidad la abertura por donde se metia la leña en el hogar. Esta cavidad se cerraba con un tapon de barro cocido, porque es uno de los no-conductores del calor; y así no pudiendo penetrar el calor por el barro, se calentaban muy poco el cono y su tapon, y por consiguiente se comunicaba muy poco calor á la atmósfera. Se ha simplificado mas esta invencion substituyendo al cono cóncavo un ladrillo de 10 pulgadas en quadro del grueso de 2 y media, con un agujero cónico en el centro de 6 pulgadas de diámetro exterior, y de 5 y 3 quartas partes de otra de diámetro interior, con un tapon de barro cocido. Véase la lámina 1.^a figuras 6.^a, 7.^a y 8.^a

Un ladrillo quadrado agujereado por el centro es preferible á un cilindro; porque sobre ser mas barato, mas fuerte y de mas duracion, su hechura permite que se ponga mas facilmente en su lugar, y que se una con la fábrica.

Si los tejeros tuviesen moldes para hacer estos ladrillos agujereados, sus tapones se pudieran vender muy baratos. El ollero de S. A. E. los hace en Munich con la mejor tierra, y el ladrillo con el tapon no cuesta mas que 22 quartos.

Yo he tenido muchas de estas puertas falsas hechas de argamasa, que el cantero me ha llevado por cada una 12 reales y 8 maravedis. Aunque la piedra sea muy buena para esto, no por eso la prefiero al ladri-

llo ; porque este es mas barato , y dura tanto como la piedra. Para que el tapon ajuste exáctamente en la abertura hecha en el ladrillo (lo que es absolutamente necesario , como se verá mas adelante), se podrá enjalgargarle con arena fina mojada.

Desde el principio de mis experimentos conocí quanto me importaba hacerme dueño del ayre que entra en el hogar para alimentar el fuego , sea para hacer que entre mas ó menos , ó para separarle enteramente. Por consiguiente he cuidado en todos los hogares que se han hecho baxo mi direccion de cerrar exáctamente el paso del cenicero con una puerta perfectamente acomodada á su hechura , y donde entra el ayre por un agujero semicircular con un registro en medio de la puerta. Esta invencion (que ya no puede mejorarse) es absolutamente necesaria á qualquiera hogar. Véanse lámina 2.^a las figuras desde la 9.^a hasta la 16.^a

Como he tenido muchas veces la proporcion de usar un gran número de calderas , y casi siempre calderas ó marmitas de unas mismas dimensiones , me he aprovechado de esta circunstancia para determinar experimentalmente qual es la mejor hechura que se debe dar á las calderas , ó qual es la forma que , supuesta cierta capacidad conviene mejor para economizar el combustible.

Se colocáron dos ó mas calderas de una misma cabida , pero de hechuras diferentes , y de planchas de cobre del mismo grueso en hogares cerrados , construidos en lo posible por los mismos principios , sirviéron para unos mismos usos : y habiendo determinado la cantidad de combustible que cada una de ellas habia consumido , se han podido fixar y comparar con exác-

titud las ventajas de sus diversas hechuras. Algunas eran estrechas y profundas, otras muy anchas y poco hondas; el fondo de algunas era chato, el de otras esférico, otras en fin le tenían metido hácia adentro como una botella. Fue muy curioso el resultado de mis investigaciones, y me condujo á hacer descubrimientos de sumo interes. Mis observaciones me enseñaron no solo qual era la mejor hechura que se debe dar á las calderas ó marmitas, sino tambien (lo que era mas interesante), por que es preferible una hechura á otra; me diéron nuevas luces sobre el modo con que la llama y el vapor caldeado se separan de su calor, y me sugiriéron la idea de una reforma ventajosa en la construccion de los hogares que despues he executado con buen éxito.

Pero para explicar este asunto con claridad, y para hacerle mas inteligible para los que no estan acostumbrados á hacer observaciones de esta especie, es necesario retroceder un poco, y tratarle con método y con mayor profundidad.

Aunque no fue mi primera intencion la de escribir un tratado elemental sobre el calor, no obstante como deben ser conocidos los principios de esta ciencia para establecer sobre una base sólida las reglas é instrucciones prácticas relativas á la conduccion del calor, que he de recomendar mas adelante, no parecerá en mi concepto superfluo ni fuera del caso desenvolver con amplitud este asunto, y tratarle metódicamente y con alguna extension.

Acaso me he expuesto ya á la crítica por haber retardado por mi mal órden la explicacion de los principios elementales de una ciencia que me he propuesto

tratar. Podrá suceder que se crea que esta parte que voy á exáminar debia preceder á todo lo demas; que en lugar de estar en la mitad de este Ensayo, debia haberse colocado en la introduccion ó en el principio del primer capítulo. Pero si he faltado en el arreglo de este asunto, no es por falta de atencion, es mas bien por un error disimulable. Siendo mi intencion la de hacer un libro útil antes que un tratado que mereciese grande reputacion, no me he detenido en sacrificar á la utilidad pública la elegancia del estilo y el órden de las materias. Y como estoy bien persuadido de que para ser realmente útil mi libro debe ser leído por los que ni tienen tiempo ni paciencia para leer un tratado elemental sobre un asunto tan abstracto, he procurado atraer al lector á la situacion en que quisiera yo que se hallase para adquirir una noticia é instruccion completa del asunto sin molestarle de antemano. He procurado tambien empeñarle en él quanto he podido, sin dexasle notar las dificultades del camino. Ahora que uno y otro hemos llegado casi al término de nuestro viage, espero que no me ha de abandonar. Continuaré pues en mi Ensayo.

CAPÍTULO II.

De la generacion del calor por medio de la combustion. Sin saber precisamente qué es el calor, se pueden exáminar las leyes que dirigen su accion. Es probable que el calor producido por la combustion de materias inflamables es mantenido por el ayre, y no por el combustible. Explicacion del efecto que causan los fuelles en la lumbre. De los hogares donde el fuego se sopla por sí mismo. De los hornos que tienen corrientes de ayre. Su utilidad demostrada por las lámparas construidas segun los principios de Argand. Quanto importa regular la cantidad de ayre que entra en un hogar cerrado. Utilidad de los registros ó de los tapones en las chimeneas de los hogares cerrados. Reglas generales para la construccion de los hogares cerrados, con la explicacion de los principios sobre que se fundan.

Sin entrar en observaciones abstractas y dificultosas en razon de la naturaleza del fuego, á exemplo de los físicos antiguos y modernos que en este asunto han discordado siempre; sin emprender el exámen de si existe un fluido ígneo, ó si no lo hay; si lo que llamamos *calor* es producido por la acumulacion ó aumento de este fluido, ó si únicamente proviene del aumento del movimiento en las partes del cuerpo caldeado, ó de algun fluido elástico que se supone que rodea estas partículas sobre las que se concibe que obra, ó de quien se puede creer que sufren alguna reaccion; en una palabra, sin emboscarme con el lector en un laberinto de tinieblas y de incertidumbres, ce-

ñiré mis observaciones á objetos mas útiles, y que estan al alcance de los conocimientos humanos ; á saber , al descubrimiento de las propiedades conocidas del calor, del modo mas cómodo de producirle , y de dirigirle con eficacia y certidumbre en las diversas operaciones acostumbradas en la economía doméstica.

Aunque no emprenda determinar lo que es el calor, ni aun manifestar mi opinion ó mis conjeturas con respecto á él, sin embargo como se puede excitar , producir, aumentar ó acumular, medir ó transferir de un cuerpo á otro , hablaré tratando de este asunto cómo se *produce, confina, dirige y divide*, porque es absolutamente necesario usar de estos términos para hacerme entender.

Aunque no sepa quanto calor puede producir la combustion de una porcion determinada de combustible (1), es no obstante algo mas que probable que la cantidad de fuego depende en mucha parte de su con-

(1) Los trabajos de los Señores Lavoisier y De la Place han proporcionado en este particular aproximaciones muy preciosas para esta ciencia. Han determinado por medio de un aparato ingenioso las cantidades de calor producidas por la combustion de algunas substancias; á saber, tres de entre los combustibles simples, el fósforo, el carbonate y el hidrógeno, y dos de los mas usados, la cera y el aceyte. Usaban del yelo en este aparato, ó del *calorímetro* para medir estas cantidades de calor por las relativas de yelo derretido, cantidades que se pueden explicar por los grados del termómetro, teniendo presente que se necesitan 60 grados del termómetro de Reaumur de calor por cada libra de yelo para reducir á cero una libra de agua. He aqui los resultados.

	Substancias combustibles.	Yelo derretido.	Calor producid. á 60° por libra de yelo.
Simples.....	Una libra de fósforo.	100	6000
	De carbonate.....	96 y med.	5790
	De gas hidrógeno....	295 y med.	17730
Compuestos.	De cera.....	133	7980
	De aceyte.....	149	8940

Nota del traductor frances.

duccion y arreglo. Tambien lo es, y aun pudiera decir de cierto, que el calor producido no se deriva únicamente del combustible, sino todo ó la mayor parte del ayre que alimenta el fuego. Bien sabido es que el ayre es necesario para la combustion, y que la parte mas pura del atmosférico, que es casi la quinta parte de todo su volúmen, es la única que puede sostener la combustion de los cuerpos inflamables, sufre una alteracion notable, ó se descompone realmente en la combustion; y como tambien se sabe que en la descomposicion del ayre puro hay una buena porcion de calórico que se marcha y vaga libremente, han supuesto muchos fisicos, y con algunos visos de probabilidad, que todo el calor, ó á lo menos la mayor parte del producido por la combustion, proviene de la descomposicion de aquella parte del ayre atmosférico contigua al combustible, y que tiene un temperamento mas elevado.

Pero bien sea el ayre, bien el combustible el que produce el calor, parece ser cierto que la cantidad de calórico producida depende en gran manera del arreglo del fuego, y que es mayor ó menor su cantidad, segun que es mas ó menos completa la combustion del combustible. En la apariencia la descomposicion del ayre es proporcionada á la del combustible.

Es bien sabido que se acelera el consumo del combustible, y que se aumenta la intension del calor quando se hace de modo que el ayre que la excita acuda al hogar con continuacion y con cierta velocidad. Así soplando el fuego, estando bien dirigida la corriente del ayre, y no siendo muy fuerte, se puede acelerar la combustion y aumentar el calor; pero no

estándolo entorpecerá mas bien que acelerará la combustion, y si es muy fuerte apagará enteramente el fuego. No hay alguno, por ardiente que sea, que no se pueda apagar con un soplo violento : entonces el ayre produce el mismo efecto que un torrente de agua fria. La pólvora misma, sin embargo de ser una de las substancias mas susceptibles de inflamacion, se puede encender por su superficie, y apagar por un soplo repentino antes que se inflame totalmente.

Tengo probado este hecho, por mas extraordinario é increíble que parezca, con experimentos muy exáctos y freqüentemente repetidos.

Se pueden construir los hogares de un modo que el fuego se sople por sí mismo, ó lo que es igual, acuda á él una corriente de ayre; y este es un asunto en que debiera ponerse mas atencion quando se construyen chimeneas donde no se quiere usar de los fuelles. Los hogares contruidos segun estos principios se han llamado *hogares de corrientes de ayre*; pero todo horno ú hogar, particularmente siendo cerrado, debiera ser *de corriente de ayre*, aunque no sirviese mas que para hacer calentar un cazo, porque no puede ser perfecto de otra suerte.

Una lámpara de Argand es verdaderamente un horno de viento; porque el tubo de vidrio que rodea la mecha, y que distingue esta lámpara de todas las demas, no sirve para otra cosa que para producir una corriente de ayre: la hechura circular de la mecha no es esencial, porque poniendo un tubo chato á manera de fuelle á una lámpara de mecha plana como una cinta, puede dar tanta luz como una lámpara de Argand, ó á lo menos en proporcion del grueso de la

mecha y del aceyte que se gaste, como yo lo he visto experimentalmente.

Pero no es sola la luz la que se desprende con mas abundancia por virtud de la corriente de ayre que se proporcione á los velones, sino que tambien es mayor la intension del calor; y como se puede aumentar por una invencion semejante el calor de qualquiera fuego, he acudido á estos velones para facilitar la explicacion del asunto de que trato. En estos aparatos no puede llegar el ayre frio al combustible por ninguno de los lados; es necesario que se introduzca por debaxo para reemplazar al ayre caldeado que se eleva con rapidez por su mucha ligereza específica: esta elevacion produce otra igualmente rápida en el ayre frio, que viene á reemplazarle y á descomponerse así que se acerca al combustible.

Para ser perfecto un hogar se debiera construir de modo que la combustion de las materias inflamables y la generacion del calor se pudiesen acelerar ó retardar sin aumentar ó disminuir la cantidad de combustible: quando está cerrado el hogar se puede lograr esto facilmente por medio de un registro que cierre la entrada del cenicero; porque como la rapidez de la combustion depende de la cantidad de ayre que alimenta el fuego, abriendo mas ó menos el registro, acudirá mas ó menos al hogar, y por consiguiente se consumirá mas ó menos combustible, ó producirá mas ó menos calor en tiempo determinado, aunque la cantidad de combustible sea efectivamente mucho mayor que lo que hubiera sido en otras circunstancias. La fig. 9.^a manifiesta la hechura del registro de que yo me sirvo casi siempre para el efecto.

Lo surtirá mas facilmente colocando un contrapeso en la chimenea ó en el tubo por donde pasa el humo : se abre mas ó menos este contrapeso ó válvula en razon del ayre que se ha dexado entrar por debaxo del hogar : es tambien por otra parte muy útil, porque sirve para apagar la lumbre quando ya no se necesita, porque cerrando á un mismo tiempo el registro y el contrapeso, se apagará el fuego en el instante, y el combustible á medio consumir, en vez de malgastarse, puede servir para otra vez.

Se conseguirá poco mas ó menos lo mismo que con el contrapeso haciendo pasar el humo despues de separado del hogar por debaxo del nivel de la rejilla, donde se consume el combustible antes que llegue al cañon de la chimenea.

Hay otra circunstancia muy importante, que no se debe tener olvidada quando se trata de construir los hogares de las chimeneas, qual es el arreglo y disposicion del combustible; porque para que se consuma como debe es no solamente necesario que esté bien colocado, sino tambien bien dispuesto, esto es, que sus partes sólidas sean de un tamaño proporcionado, y que no esten unas sobre otras, de modo que impidan la libre circulacion del ayre, sin que por esto se crea que han de estar muy separadas; y si se puede construir el hogar de modo que las partes sólidas del combustible á medida que la quema disminuya su volúmen caygan naturalmente en el centro del hogar sin auxilio ninguno, será una ventaja considerable, como lo he experimentado muchas veces. Esta precaucion es mas necesaria en los hogares pequeños, y para esto se puede usar de una rejilla cóncava á manera de un plato para

colocar el combustible (véase lámina 1.^a fig. 3.^a y 4.^a). Todas las rejillas de que me he servido, á menos que no hayan sido para hogares muy grandes, tienen esta hechura; y quando es leña lo que se ha de quemar, se corta en pedazos de 4 á 6 pulgadas de longitud. En vez de las rejillas de hierro he adoptado últimamente las de una especie de plato ó de aljofayna honda de barro cocido con muchos agujeros para dar paso al ayre.

Estos vasos hondos de barro, que son muy fuertes y muy gruesos, son mucho mas baratos que las rejillas de hierro, y segun mis experimentos creo convienen mucho mas que las rejillas de metal, y no me parece difícil encontrar la razon.

Muchas veces he usado para los hogares muy anchos de ladrillos puestos de canto en lugar de barras de hierro, y no me ha pesado haberlo hecho así.

Como únicamente contribuye á la generacion del calor el ayre que entra en el hogar del modo conveniente, y en la cantidad que se requiere, y que se descompone con el contacto del combustible incandescente, es constante que el ayre que entra en el hogar, y sale sin descomponerse, quita calor, porque ademas de no contribuir á su produccion, se caldea á expensas del producido; y marchándose en este estado por el cañon de la chimenea, causa una pérdida efectiva de calor, la qual es algunas veces muy considerable. Por eso al construir los hogares de las chimeneas ningun cuidado es bastante para precaver esto.

Quando el hogar está murado por todas partes, y cerrado el agujero por donde se mete el combustible, no puede el ayre exercer ninguna presion lateral sobre

el fuego ; sin embargo , quando la rejilla es mas ancha que el monton de combustible encendido , lo que es muy comun , se puede introducir una porcion grande de ayre en el hogar por los lados de la rejilla sin pasar por el fuego ; pero si en lugar de la rejilla de hierro se pone un vaso cóncavo de barro , cuidando de que su fondo sea muy espeso ; por exemplo , de 3 á 4 pulgadas , y que todos los agujeros se dirijan al centro del fuego , la entrada furtiva del ayre frio de que acabo de hablar se evitará del todo con esta precaucion.

Se puede precaver tambien el libre acceso del ayre, aun quando se usen las rejillas de hierro , dando al canal que está por debaxo de ella la hechura de un cono vuelto del reves , cuyo diámetro superior sea igual al interior del borde circular de la rejilla , y el inferior por donde acude el ayre al hogar tenga la tercera parte del mismo diámetro (véase la fig. 5.^a lám. 1.^a). Esta abertura inferior por donde entra el ayre en el hogar debe estar baxo del centro de la rejilla , y lo mas cerca que sea posible. No obstante , es necesario dexar un espacio pequeño entre este cono y la parte inferior de las barras de hierro que forman la rejilla cóncava , para que las cenizas puedan pasar fácilmente al cenicero.

La hechura y las dimensiones que se han de dar á este son indiferentes , con tal que sea bastante ancho , que dexé paso libre al ayre necesario para alimentar el fuego , y que esté cerrado con una buena puerta con su registro , porque importa sobre todo poder determinar la corriente de ayre que haya de llegar al combustible.

Acaso es inútil advertir que sirviéndose de vasos

agujereados hechos de barro cocido , en lugar de las rejillas de hierro , los agujeros deben ser mas pequeños por arriba que por abaxo , para que no se tapen con el cisco , ó con la ceniza que cae al cenicero.

Una de las principales ventajas de estos hogares contruidos en la forma que he dicho , es que sirven igualmente para toda clase de combustible. Se puede quemar en ellos leña, carbon de tierra ó de leña, turba &c. con la misma facilidad y ventaja. Tambien se pueden quemar á un mismo tiempo dos ó tres clases de combustible sin el menor inconveniente; y en estando encendida la lumbre con leña seca se puede conservar el calor con otros combustibles menos costosos, y que no se consumen tan pronto. Acaso sucederá que se observe ser unos combustibles mejores que otros para hacer cocer una caldera ó marmita, y otros para conservar el hervor. Se puede economizar mucho observando estas pequeñas circunstancias. Quando el hogar está dispuesto de manera que puede servir para toda especie de combustibles, se puede hacer lo dicho sin dificultad ni embarazo.

Acabo de explicar como disminuyendo la parte del hogar que está baxo de la rejilla se introduce el ayre hasta la lumbre con mayor utilidad. Esta construccion tiene una ventaja acaso mas importante : el calor que baxa por las aberturas de las barras de la rejilla , en lugar de escaparse al cenicero , en donde se perderia encontrándose con las paredes del cono, es detenido por ellas, y vuelve despues al hogar con la corriente de ayre que alimenta el fuego : porque le reflexa allí la superficie cónica ; y despues de

haber sido despedido por las paredes se dirige inmediatamente al fondo de la caldera.

Pero para tener una idea clara y distinta de este asunto es necesario exâminar con cuidado todas las circunstancias que acompañan la generacion del calor en la combustion de los cuerpos inflamables , y ver de qué modo ó baxo de qué forma se manifiesta el calor producido , y cómo se puede reunir , acumular , confinar y dirigir.

Esto abre un campo muy vasto para hacer observaciones filosóficas ; pero como estas observaciones no solamente son curiosas y divertidas , sino también en extremo útiles é importantes , espero que el lector tendrá á bien emplear una particular atencion en esta parte interesante , y al mismo tiempo la mas difícil y abstracta del asunto que me he propuesto tratar.

El calor producido por la combustion de las materias inflamables se manifiesta de dos modos ; á saber, por los vapores caldeados que se elevan del fuego, con quien se puede decir que estan combinadas , y por los rayos de calor que dimanar del fuego en todas direcciones. Se pudiera decir que estos rayos son *caloríficos* , ó propios para producir el calor en los cuerpos que interceptan su paso , mas bien que decir que estan realmente calientes ; porque quando pasan libremente por un medio , sea el que quiera , una masa de ayre , por exemplo , no le comunican ningun calor : no parece tampoco que exciten un grado de calor considerable en los cuerpos cuyas superficies les reflectan , y por esta parte tienen mucha analogía con los rayos solares.

No se conoce exâctamente qual es la proporcion

de este calor radiante (si me puedo servir de esta expresion poco exâcta) con la que dimana de los cuerpos inflamados baxo la forma de vapores ó de humo. No obstante, es cierto que la cantidad de calor que se escapa en los fluidos elásticos caldeados visibles ó invisibles que emanan del fuego, es mucho mayor que la que pudieran producir los rayos caloríficos reunidos. Pero aunque la cantidad de calor radiante sea menor que la que existe en los vapores caldeados, que yo llamaré *calor combinado* para distinguirle de la otra clase, merece mucha mayor consideracion.

El calor producido ó excitado por los rayos caloríficos que dimanan de los cuerpos inflamados, es de alguna consideracion: se puede juzgar lo que será por el calor que comunican á una pieza templada con el fuego de una chimenea; porque como todo el calor combinado con el humo y con los vapores caldeados se marcha por el cañon de ella, se debe el aumento del calor en la pieza á los rayos caloríficos que salen del combustible encendido.

La actividad de estos rayos se puede demostrar de varios modos, pero no con evidencia, sino con el experimento siguiente, que es muy sencillo. Quando está perfectamente encendido el fuego sobre el hogar, extiéndase un brazo en línea recta hácia el centro del fuego abriendo la mano: si los dedos distan de él cinco ó seis pies, apenas se sentirá el calor, á menos que sea muy activo el fuego; pero si sin mover el brazo se presenta la palma de la mano en una posicion perpendicular á él, no solamente se sentirá la viva impresion del calor, sino que siendo el fuego muy claro y sostenido será intolerable esta postura.

¿Todos los cuerpos baxo de qualquier temperamento que sea , el mercurio en estado de congelarse, como el hierro en el de fundirse , despiden estos rayos en mas ó menos cantidad, y con mas ó menos velocidad? ¿Se resfrian con despidirlos? ¿Estos rayos caloríficos producen siempre calor aun quando el cuerpo que les recibe esté mas caliente que el que los despide? Pero tengo presente que he prometido no entregarme á razonamientos abstractos; vuelvo pues á mi asunto. Sea la que quiera la naturaleza de los rayos que se escapan del combustible inflamado, como una de sus propiedades conocidas es la de producir el calor, se debe tener el mayor cuidado en todas las reformas cuyo principal objeto es la economía del calor y del combustible.

Como estos rayos caloríficos producen el calor en el cuerpo que les absorbe, y no en los cuerpos medios por donde pasan, es necesario disponer estos cuerpos que estan destinados á interceptarlos de modo que puedan y deban aun comunicar fácilmente el calor que adquieren al cuerpo que se quiere calentar.

Los hogares cerrados, cuyo uso he recomendado, y de que haré mas adelante una particular descripcion, corresponden perfectamente á este fin. Estando encerrada la lumbre en estos hogares por los lados y por debaxo, en una palabra, por todas partes, exceptuando el sitio que ha de ocupar el fondo de la caldera, ninguno de estos rayos se puede escapar, y como los materiales que sirven para la construccion del hogar (ladrillos y yeso) son malos conductores del calor, será muy pequeña la parte del calor producido por la combustion de las substancias inflamables que sea ab-

sorvida y transmitida á lo interior de la pared para que se pueda inutilizar. Pero el modo de confinar el calor es un objeto muy importante para que no se trate particularmente en un capítulo separado.

CAPÍTULO III.

De los medios de contener el calor , y de dirigir sus operaciones. De los conductores y no-conductores del calor. El ayre atmosférico ordinario es un buen no-conductor del calor , y se puede usar de él al intento. La naturaleza le ha destinado para esto en muchas circunstancias ; él es la causa principal del calor de los vestidos naturales y artificiales. Es tambien la única del calor que dan las ventanas y los tabiques dobles ; estos son igualmente útiles en los paises frios que en los calientes. Todos los fluidos elásticos son no-conductores del calor. La experiencia demuestra que el vapor es un no-conductor del calor. La llama tambien es no-conductor.

Es muy cierto y muy sabido que el calor pasa con mas libertad por ciertos cuerpos que por otros ; pero la causa de esta diferencia en las potencias conductoras de los cuerpos con respecto al calor no se ha descubierto todavía.

Se conoce muy bien lo útil que es arrimar un puñado de leña á una tetera ó cafetera cubriéndole con metal , cuero ó madera ; pero la diferencia en las potencias conductoras de varios cuerpos con respecto al calor se puede demostrar con una multitud de experimentos muy sencillos , y que qualquiera puede hacer

en todos tiempos y en qualquier parte sin trabajo ni gasto alguno.

Aplicando á la llama de una vela un clavo y un palo puntiagudo de las mismas hechuras y dimensiones, la diferencia entre sus potencias conductoras se manifestará de modo que no dexé la menor duda. Así que empiece á calentarse la extremidad del clavo arriada á la llama, se caldeará tanto la otra que se tiene en la mano, que será imposible tenerla por mas tiempo sin quemarse, y el palo se puede tener en la misma disposicion todo el tiempo que se quiera sin la menor incomodidad, y aunque se queme, se podrá tener en la mano hasta que se consuma enteramente, porque la parte no encendida no se calentará, y no se quemarán los dedos hasta que llegue la llama á ellos. Si se arrima del mismo modo un pedazo pequeño ó un tubo de vidrio, la extremidad del vidrio que esté en la mano se calentará mas pronto que el palo, pero mucho menos que un alfiler ó un clavo; y entre los diversos cuerpos entre quienes se puede hacer este experimento, no habrá dos que presenten un paso mas libre por entre ellos (1).

Confinar el calor no es otra cosa que estorbar se escape del cuerpo donde existe y donde se quiere que permanezca. Esto no se puede conseguir sino rodeando el cuerpo caldeado con una cubierta que no pueda

(1) Para demostrar las potencias conductoras de los metales, el Doctor Ingenhouz ha imaginado un experimento muy bueno. Ha tomado dos cilindros iguales de metales distintos, á saber, dos pedazos de hilo grueso de alambre pasados por una misma terraja, y de la misma longitud, y metiéndolos en cera derretida, les cubrió con ella, y colocó despues las extremidades de ambos cilindros en agua hirviendo, y ha observado hasta donde se derretia la capa de cera por efecto del calor comunicado al metal, y con que celeridad subia el calor.

penetrar el calor, ó á lo menos con suma dificultad. Si fuese posible hallar una cubierta que contuviese perfectamente el calor, hay motivo para creer que un cuerpo caldeado cubierto retendria siempre su calor; pero no conocemos ninguna de esta especie, y es probable que no exista cuerpo alguno con esta qualidad.

Los cuerpos por quienes pasa libre y rápidamente el calor se llaman conductores de calor: los que atraviesa con dificultad y con lentitud se llaman no-conductores de calor. Los epítetos de bueno, malo, mediano, excelente &c. se aplican indistintamente á los conductores y á los no-conductores. Un buen conductor, por exemplo, es aquel por donde pasa el calor con toda libertad. Un buen no-conductor aquel que penetra con mucho trabajo, y un conductor mediano se puede llamar sin error un mediano no-conductor.

Los cuerpos peores conductores de calor son los que mas convienen para formar una capa ó cubierta para confinarlo.

Todos los metales son conductores muy buenos; la madera, y generalmente todos los cuerpos ligeros, secos, y esponjosos son no-conductores. El mercurio, el agua, todos los líquidos, sean los que quieran, son conductores; pero el ayre y casi todos los fluidos elásticos, sin exceptuar al vapor, son no-conductores.

Algunos experimentos que he hecho recientemente, y que no he publicado aun, me obligan á creer que el agua, el mercurio y todos los demas fluidos no-elásticos no permiten al calor que los atraviese partícula por partícula como lo hace en los cuerpos sólidos, sino que sus potencias conductoras dependen esencialmente de la movilidad extrema de sus partes, en una

palabra, que ellas transportan mas bien el calor que dexarle paso. Mas no quiero tratar de antemano de un asunto de que trataré en adelante con mas amplitud.

La potencia conductora de todo sólido en masa es mucho mayor que la del mismo sólido reducido á polvo, ó dividido en muchas partes. Una barra de hierro ó una pieza del mismo metal son mejores conductores que el hilo de hierro, y el serrin es un no-conductor mejor que la madera misma. Las cenizas de leña bien secas son mejores no-conductores que ninguna de ambas substancias de que acabo de hablar, y el carbon de tierra muy seco hecho cisco es uno de los mejores no-conductores que se conocen; y como es absolutamente incombustible quando está confinado en disposicion que no puede llegar á él ayre fresco, puede servir muy bien para contener el calor quando es muy vivo, y se le quiere confinar.

Pero entre todas las substancias de que se pueden hacer cubiertas para contener el calor, no hay ninguna que pueda servir con mejor éxito que el ayre atmosférico. De este se vale la naturaleza para ello, y no podemos hacer cosa mejor que imitarla.

El calor de la lana y de la piel de los animales se debe indudablemente al ayre que se introduce entre sus intersticios, el qual es fuertemente atraído por estas substancias, y retenido de manera, que forma una barrera, digamoslo así, que no solo estorba el contacto del ayre frio al cuerpo del animal, sino que opone tambien un obstáculo insuperable al calor que pudiera escaparse de su cuerpo á la atmósfera. La nieve estorba del mismo modo que se escape el calor de

la tierra en el invierno. De la misma causa depende el calor de todo vestido artificial; y si fuese mas conocida esta circunstancia, y se cuidase mas de ella, resultarian sin duda muchos descubrimientos ventajosos en quanto á la economía del calor. Se ocupa una gran parte de nuestra vida en preservarnos del frio, del calor excesivo, y en las operaciones donde es indispensable el uso del fuego; y sin embargo, ¿quál no ha sido la lentitud de los descubrimientos en la mas útil y mas importante de las artes, la economía del calor?

De mucho tiempo á esta parte se usan en el norte de Europa ventanas dobles, y se conoce su utilidad en todos los aposentos, porque conservan en ellos el calor, y precaven los ayres colados; pero jamas he oido decir que se empleen para conservar la frescura en las casas durante el verano. Sin embargo, nada hay mas fácil ni mas natural que adoptar este invento para este fin: si una ventana doble puede estorbar la salida del calor de una habitacion, no es menester discurrir mucho para descubrir que debe tambien tener la propiedad de impedir que penetre el calor exterior. Pero aunque este razonamiento sea muy natural, no creo que haya nadie que se haya ocupado en él; á lo menos estoy cierto de que en Italia y en todos los paises cálidos que he corrido no he visto una ventana doble (1).

(1) En los paises cálidos en que se sirven de las ventanas dobles para mantener la frescura en las casas, es preciso tener gran cuidado de ponerlas alabrigo de los rayos del sol y de la mucha luz, porque si no causarian un efecto totalmente opuesto. Esto se puede hacer facilísimamente con unas zelosías venecianas ó cortinas quando se quiere conservar la frescura en los quartos durante los grandes calores, porque quanta menos luz se dexa entrar, estará mas fresco el quarto.

La utilidad de ellas y de los tabiques dobles en los países cálidos, bien así como en los frios, es un negocio de tanta importancia, que en adelante tendré motivo para hablar de él con mas extension. Al mismo tiempo observaré que el ayre confinado entre las dos ventanas, y no las vidrieras dobles, es el que impide el paso del calor. Si esto fuese efecto de los vidrios, una vidriera sencilla, pero de vidrios mas gruesos, causaria igualmente el mismo efecto; pero la mayor espesura de los vidrios no contribuye en manera alguna á hacer un quarto mas templado (1).

No solamente el ayre es un no-conductor de calor, sino que se puede aumentar considerablemente su potencia no-conductora. Para formar una idea exâcta del modo cómo se puede hacer el ayre menos capaz de conducir el calor, es menester considerar el modo con que el calor penetra el ayre. Parece por el resultado de muchos experimentos que he hecho para desenvolver este asunto, y cuyo por menor se ha publicado en las Transacciones filosóficas de la Sociedad Real de Londres (1792), que aunque cada partícula de ayre aislada pueda recibir el calor de los demas cuerpos, ó comunicárselo, no obstante no hay comunicacion alguna de calor entre una partícula de ayre y su inmediata: de donde se infiere, que aunque el ayre pueda recibir ó embeberse una parte del calor, y que en efecto se lo embeba, trasladándolo y

(1) Se deberian no obstante exceptuar quando las vidrieras dobles han de servir para mantener la frescura de un quarto aquellos casos en que por la accion directa del sol sobre la ventana adquiere el ayre encerrado en su intermedio un temperamento mas elevado que el del mismo ayre exterior, lo qual sucede algunas veces. *Nota del traductor Frances.*

comunicándolo de un cuerpo á otro ; sin embargo , una masa de ayre en el estado de inercia , ó cuyas moléculas estuviesen sin movimiento , si pudiera permanecer en este estado , no podria absolutamente ser penetrada por el calor ; ó en otros términos , una masa de ayre de esta especie seria un excelente no-conductor.

Supuesto que el calor no atraviesa una masa de ayre sino por virtud del movimiento con que la impele ; si este calor es transportado sin atravesar realmente por ella , es claro que lo que puede obstruir y estorbar el movimiento exterior del ayre , camina necesariamente á disminuir su potencia conductora ; y esto es lo que he visto frecüentemente. He observado que una cierta cantidad de calor que habia atravesado una pared , ó mas bien una capa de ayre confinado de media pulgada de grueso en el espacio de 9 minutos , no lo pudo atravesar sino en 21 minutos $\frac{2}{5}$ quando se precavió el movimiento interior

del ayre , metiendo una $\frac{1}{6}$ parte de su masa de borra de seda ó de algodón , ó de piel muy fina.

Pero al mezclar cuerpos extraños con el ayre para estorbar su movimiento interior , y hacerle mas á propósito para confinar el calor , es menester escoger aquellos que por sí mismos sean no-conductores de calor , porque de otro modo harian mas daño que provecho , como lo he experimentado yo mismo. Quando en vez de pelusa , de piel ó de borra de seda he usado del hilo de plata ó de oro de los galones deshechos , el paso del calor en lugar de ser precavido por esta intercepcion era todo lo contrario pasando por este com-

puesto de ayre y de hilo de metal, mas bien que pasando por el ayre solo.

Otra circunstancia á que es necesario atender en la eleccion de los cuerpos que se deben mezclar con el ayre para formar un cobertizo ó una barrera para el calor, es la finura y la sutileza de sus partes; porque quanto mas finas sean, mayor será su superficie por razon de su solidez, é impedirán mas el movimiento de las partículas de ayre. La crin seria mejor para esto que el pelo de castor, aunque nó sea probable que haya alguna diferencia esencial entre las propiedades químicas de estas dos especies.

No solamente la finura de las partes de un cuerpo y su propiedad no-conductora le hacen á propósito para un cobertizo que confine el calor, sino que tambien necesita otra propiedad mas oculta, que influye mucho para hacer ciertos cuerpos mas adequados que otros, y esta es una cierta atraccion que hay entre algunos cuerpos. La obstinacion con que parece que se adhiere el ayre á la piel de los animales y á la plumilla de los páxaros es bien conocida, y se puede demostrar fácilmente que esta atraccion debe ayudar poderosamente á precaver el movimiento del ayre oculto en los intersticios de estos cuerpos, y estorbar por consiguiente el paso del fuego que procurase atravesarlos.

Hay acaso otra causa aun mas oculta que hace un cuerpo mas á propósito que otro para confinar el calor. He demostrado por un experimento convincente que el calor puede pasar por el vacío de Torriceli (1),

(1) Veanse mis experimentos sobre el calor publicados en las Transacciones filosóficas tomo 76.

aunque con mas dificultad que por el ayre; porque la potencia conductora de este es á la del vacío de Torriceli como 1000 á 604, ó poco mas ó menos como 10 á 6; pero si el calor puede pasar por el vacío, es necesario que pase por un medio mas sutil que el ayre medio, que probablemente penetra todos los cuerpos sólidos con la mayor facilidad; y que debe necesariamente penetrar al traves del vidrio y del mercurio empleados en formar el vacío de Torriceli.

Si existe pues un medio mas sutil que el ayre por el que se pueda conducir el calor, ¿no será posible que exista una cierta afinidad entre este medio y los cuerpos sensibles? ¿Cierta atraccion ó cohesion por cuyo medio los cuerpos en general ó algunos en particular puedan de un modo ó de otro destruir la actividad de este medio para conducir ó transportar el calor de un lugar á otro? Se ha visto por el resultado de muchos de mis experimentos, cuyo detalle he dado en el tomo 76 de las Transacciones filosóficas año de 1786, que la potencia conductora del vacío de Torriceli es á la del ayre como 604 á 1000. Pero he hallado por el experimento siguiente (*véase mi segunda Memoria sobre el calor publicada en las Transacciones filosóficas del año de 1792*), que cincuenta y cinco partes de ayre en masa con una parte de borra de seda muy fina formaban una cubierta, cuya facultad conductora era con respecto á la del ayre como 576 es á 1284, ó como 448 es á 1000. Pues segun el resultado del experimento arriba citado, pareceria que la introduccion de tan pequeña porcion de borra de seda, como lo era $\frac{1}{56}$ del volúmen del ayre que debe

penetrar el calor, hacia este espacio (que contenia 55 partes de ayre y una de seda) mas impenetrable al calor que el mismo vacío de Torriceli. La seda habia pues no solo destruido completamente la potencia conductora del ayre, sino que tambien habia deteriorado de un modo sensible la del fluido etéreo que probablemente ocupa sus intersticios, y que sirve para conducir el calor por el vacío de Torriceli; porque este ha sido un conductor mejor de calor que el fluido referido en la proporcion de 604 á 448. Pero no quiero extenderme mas sobre este asunto, conociendo el inconveniente que hay en hablar de un fluido cuya existencia es dudosa, y sabiendo muy bien que nuestros conocimientos sobre la naturaleza del calor y el modo con que se comunica de un cuerpo á otro son muy imperfectos y muy oscuros para ponernos en estado de continuar estas investigaciones con algunas ventajas.

Qualquiera que sea el modo de comunicarse el calor de un cuerpo á otro, creo que se ha probado suficientemente que pasaba con dificultad al traves del ayre confinado. El conocimiento de este hecho es muy importante, porque facilita poder tomar con certeza las medidas necesarias para contener el calor, y para dirigir su efecto hácia objetos útiles.

Pero el ayre atmosférico no es el único no-conductor del calor. Todas las especies de ayre artificial ó natural, y en general los diversos gases cuya elasticidad es permanente, y hasta los vapores en que es accidental, tienen esta propiedad como el ayre atmosférico.

He demostrado por el experimento siguiente que el

vapor no era un conductor de calor. Tomé una botella de hechura esférica de vidrio delgado y trasparente, de cuello estrecho, y con el fondo hácia dentro, tambien esférico, cóncava de seis pulgadas de diámetro exterior, la llené de agua fria, y la coloqué en un plato poco profundo de diez pulgadas de diámetro, hecho de una hoja de laton batido muy delgado. Este plato, que contenia una pequeña porcion de agua (casi $\frac{2}{10}$ de pulgada de profundidad) se co-

locó con todo el aparato sobre un velador con una lámpara de espíritu de vino en el fondo: á pocos minutos el agua del plato empezó á hervir, y el vacío interior de la botella se llenó de nubes formadas por el agua convertida en vapores, los quales despues de haber circulado con una rapidez singular durante quatro ó cinco minutos, y de haber expelido una gran porcion de ayre de debaxo de la botella, empezó á iluminarse por grados. Al cabo de 8 á 10 minutos (quándo yo supongo que el ayre restante con el vapor en la parte cóncava formada por el fondo de la botella habia adquirido poco mas ó menos el mismo temperamento que el del vapor), desaparecieron absolutamente estas nubes, y aunque continuó hirviendo con la mayor violencia el agua, se hizo totalmente invisible el contenido de la parte cóncava, y habia tan poca apariencia de que hubiese vapores, que si no se hubiese arrimado una porcion de agua á las paredes de este hueco, hubiera creído que el calor no habia evaporizado nada de agua.

Levantando por un instante uno de los lados de la botella, y dexando entrar una pequeña porcion de

ayre frio , se presentaban otra vez las nubes ; continuaban circulando algunos minutos con mucha rapidez , y desaparecian en seguida gradualmente como antes. Muchas veces he repetido este experimento , y siempre con el mismo resultado ; el vapor se presentaba siempre que se introducía ayre frio , y recordando despues su transparencia quando expelida una parte de este ayre , el que quedaba habia adquirido el temperamento del vapor.

Viendo que el ayre frio introducido por debaxo de la botella condensaba parcialmente el vapor , y contribuía á formar nubes , quise saber quales serian los efectos visibles de un cuerpo frio colocado baxo de la botella. Imaginé que si el vapor era un conductor de calor , separándose una parte de él para penetrar el cuerpo frio , se formarían necesariamente nubes ; pero pensé que si el vapor era un no-conductor de calor , esto es , que si *una partícula de vapor no podia comunicar una parte de su calor á las inmediatas á ella* , en este caso como el cuerpo frio no podia afectar mas que á las que la tocasen , no se presentaría nube alguna , y el resultado del experimento demostró que el vapor es *un no-conductor de calor* ; porque aunque el cuerpo que sirvió para el experimento fue un trozo de yelo casi del tamaño de un huevo , colocado baxo el medio de la parte cóncava de la botella sobre un velador pequeño , sin embargo quando se disiparon las nubes que se formaron por la inevitable introduccion del ayre frio al levantar la botella para introducir el yelo (lo que sucedió bien pronto) se hizo el vapor tan trasparente y tan invisible , que en ninguna parte se notó el menor rastro de nube , ni aun

al rededor del yelo, el qual acercándose al estado de derretirse, se presentaba tan claro y trasparente como un pedazo de cristal de roca.

Este experimento, que hice por la vez primera en Florencia en el mes de Noviembre de 1793, fue repetido á presencia del Lord Palmerston, que estaba entonces en esta ciudad, y á la de Mr. Fontana (1).

En estos experimentos no se arrojó enteramente el ayre del fondo de la botella; al contrario quedó una gran parte mezclada con el vapor aun despues de haber desaparecido totalmente las nubes, como lo he visto en un experimento que he hecho para asegurarme hasta el último punto. Pero esta circunstancia no hace menos curioso el resultado de este experimento; al

(1) La botella que sirvió para este experimento, aunque parecia muy grande por el exterior, tenia muy poca cabida, y contenia una corta porcion de agua, porque la parte cóncava que formaba el fondo estaba muy metida hácia dentro. Como esta parte cóncava por baxo del fondo de la botella (que como ya he dicho tenia la hechura de hemisferio y seis pulgadas de diámetro) servia de recipiente para confinar el vapor que se elevaba del agua hirviendo que habia en el plato; se pudiera creer que un recipiente de vidrio ordinario en forma de campana, como los que se usan en los experimentos pneumáticos, hubiera podido servir tan bien como la botella. Así lo pensaba, pero he visto la equivocacion haciendo el experimento. Un recipiente ordinario corresponde perfectamente al fin de confinar el calor; pero el vidrio se calienta tan pronto, que las gotas de agua que se adhieren á la superficie interior por la condensacion del vapor, en lugar de correr hácia los lados del recipiente en olas claras y transparentes, forman perlitass que hacen al vidrio tan opaco, que no se puede distinguir nada al traves, lo qual es absolutamente contrario al fin principal del experimento; pero como el agua fria contenida en la botella hace que el vidrio se mantenga frio, la condensacion del vapor sobre las paredes de la parte cóncava formada por el fondo de la botella, se hace mas regularmente, y reuniéndose las gotas de agua que corren continuamente sobre las paredes del vidrio, forman una sola corriente de agua trasparente, por cuyo medio se ve con claridad todo quanto pasa por debaxo de la botella.

contrario en mi concepto le hace mas digno de atencion. No parece que la masa de vapores ni la del ayre se han enfriado por el pedazo de yelo que cercaban ; porque si el ayre se hubiera refrescado en toda su masa , es muy probable que se hubieran notado de nuevo otras nubes.

Comparado el resultado de estos experimentos con el que he citado anteriormente para determinar la mejor hechura que se debe dar á las calderas y á las marmitas , abrió un nuevo campo á mis indagaciones para determinar mas exáctamente la conduccion del fuego. Me hiciéron ver que no solamente el ayre frio, sino que tambien el caliente y los vapores caldeados, y estos mezclados con ayre son no-conductores del calor , y por consiguiente que los vapores que se elevan del combustible inflamado , y que la llama misma son tambien no-conductores.

Acaso parecerá esta asercion aventurada ; pero reflexionando con detencion , y exâminando con cuidado los fenómenos que presentan la combustion de las materias inflamables , y la comunicacion del calor por la llama , demostrarán indudablemente que está bien fundada. Las ventajas que se pueden sacar del conocimiento de este hecho son seguramente muy importantes , y merece este asunto ser exâminado completamente.

CAPÍTULO IV.

Del modo con que la llama comunica el calor á otros cuerpos. Del mismo modo obra sobre los cuerpos que un viento cálido. Explicacion del modo con que un fuelle aumenta la actividad de la llama demostrado con muchos experimentos. Se necesita conocer el modo con que la llama comunica el calor para determinar la mejor hechura que se puede dar á las calderas y á las marmitas. Principios generales para construir todo género de calderas.

Si la llama es únicamente vapor, ó un compuesto de vapor y de ayre en el mayor grado de calor, como uno y otro son no-conductores del calor, no hay dificultad en concebir cómo puede la llama, á pesar de su excesivo grado de calor, retener las propiedades de los fluidos, y ser un no-conductor de él. La potencia no-conductora del ayre no se altera de modo alguno, quando se le calienta hasta el temperamento del agua hirviendo, y no hallo razon para que esta propiedad del ayre, ó de qualquier otro fluido elástico, se altere por mas grados de calor. Si el vapor ó el ayre en el temperamento de los 212 grados del termómetro de Farhenheit son no-conductores de calor, ¿por qué no han de conservar la misma propiedad al temperamento de 1000 grados, ó al de otro todavía mayor? Confieso que no veo por que ha de estar privado un cuerpo de una qualidad tan esencial, sin mudarse al mismo tiempo totalmente; y no creo, imagínese lo que se quiera, que el ayre ó el vapor su-

fran una alteracion química , únicamente porque se enciendan hasta el grado de un yerro albandó. Pero sin insistir en estas reflexiones , por convincentes que me parezcan , manifestaré por la experiencia y por la observacion , en una palabra , demostraré que la llama es verdaderamente un no-conductor de calor.

Conviniendo en un hecho de que no se puede dudar , qual es el de que el ayre es un no-conductor de calor , á lo menos en el sentido en que yo uso de esta expresion , demostraré que la llama obra precisamente del mismo modo que un viento caliente para comunicar el calor , y no de otra suerte ; y si se creen suficientes mis reflexiones , creo que mi proposicion se probará suficientemente.

Se conoce muy bien el efecto de un torbellino de ayre frio para enfriar un cuerpo , sea el que quiera , y las causas de este efecto se pueden referir fácilmente á aquella propiedad del ayre que le hace un no-conductor de calor ; porque si las moléculas de ayre frio que tocan á un cuerpo caliente pudiesen comunicar fácilmente el calor que adquieren de un cuerpo cálido á otras moléculas de ayre que les rodean , estas á otras , y así de las demas , seria trasportado el calor con tanta prontitud como pudiera desprenderse del cuerpo caldeado , y cada movimiento de las moléculas aereas , cada viento ó torbellino de ayre no facilitaria ni apresuraria sensiblemente la refrigeracion del cuerpo. Por la misma razon se puede demostrar que si la llama fuese verdaderamente un perfecto conductor de calor , todo cuerpo frio que se metiese en medio de ella seria calentado así que pudiese recibir el calor ; porque ni el movimiento de las partes interiores de la llama , ni la

velocidad con que envolveria al cuerpo frio podrian tener efecto sensible para apresurar el calentamiento de este cuerpo. Pero si la llama es un no-conductor de calor, su accion será enteramente semejante á la de un ayre cálido, y por consiguiente todo consistirá en el modo con que se aplique á un cuerpo para calentarle. Solo las partículas que esten en contacto con el cuerpo que se ha de calentár le comunicarán calor; y quantas mas esten en contacto, tanto mas calor se comunicará. De donde se sigue que es absolutamente necesario que la llama se dirija directamente sobre el cuerpo, y se rompa su corriente para formar los torbellinos, porque su rápido movimiento ocasiona una veloz sucesion de partículas encendidas; y suponiendo ciertos mis principios, es evidente que toda especie de movimiento interior contra las partículas de la llama, por la qual puede ser agitada, debe contribuir infinito para acelerar la comunicacion del calor.

Es bien conocido el efecto de un fuelle dirigido hácia el fuego; pero no creo que se haya explicado jamas convincentemente el modo con que este instrumento aumenta la accion de la llama. Se ha creido generalmente en mi concepto que la corriente de ayre puro que se arroja á la llama por medio del fuelle aumentaba verdaderamente la porcion de calor: yo supongo mas bien que no hace otra cosa que dirigir el calor de la llama á un punto determinado. No puede una corriente de ayre producir la llama sin descomponerse, y para que se descomponga en el fuego es necesario que se encuentre con el combustible no encendido, ó á lo menos con el vapor inflamable, pero no inflamado, que sale de el. Pero se puede suponer que hay

alguna cosa de inflamable , y que no se haya encendido en la llama clara, brillante y perfectamente diáfana de una vela. Sin embargo , un fuelle produce un efecto sensible quando se dirige sobre la llama de una vela , y quando se usa para aumentar la accion de las lámparas de que se valen los esmaltadores.

Suponiendo que el descubrimiento del modo con que la corriente de ayre que pasa por un fuelle sirviese para aumentar la intension de la accion de la llama , no pudiera menos de ilustrar mucho el asunto en cuestión , á saber , la averiguacion del modo de comunicar la llama el calor á diversos cuerpos , he hecho los experimentos siguientes que juzgo decisivos.

He creido poder deducir que la corriente de ayre que proviene de un fuelle dirigido sobre la llama de un cuerpo encendido , no podia aumentar su intension sino de dos modos , ó aumentando su accion sobre el cuerpo á que se dirige , ó aumentando verdaderamente la porcion de calor producido en la combustion del cuerpo inflamado. Se me ocurrió un medio á propósito para decidir experimentalmente á qual de las dos causas se podia atribuir este efecto , ó quanto contribuia para él cada una de ellas. Hice pues llenar una vexiga grande de casi quatro azumbres de ayre fixo (el ácido carbónico), el qual, como es notorio , no sirve de manera alguna para sostener la combustion de los cuerpos encendidos , y de quien por conseqüencia no se puede sospechar de que añadiese calor á la llama sobre quien se dirigia su impulso. Imaginé que si un fuelle lleno de este ayre, y dirigido hácia la llama de una vela , podia producir al poco mas ó menos el mismo efecto que el ayre comun , probaria esto evi-

dentemente que el aumento en la intensidad de la acción ó la actividad de la llama, que es una consecuencia de haberse usado del fuelle, se debe á la agitación de la llama dirigida á cierto punto.

Até una vexiga llena de ayre fixo á un fuelle, y se dirigió su soplo hácia la llama brillante de una vela acabada de despabilar, y apretando la vexiga fue arrojada la llama hácia un tubo pequeño de vidrio que se calentó en el instante hasta el último grado, y se derretió á muy corto rato.

Habiendo repetido muchas veces este experimento, y determinado quanto tiempo era necesario para derretir este tubo con solo rodearle con la llama impelida por una corriente de ayre fixo, varié el experimento usando del ayre atmosférico en lugar del fixo, y tuve cuidado de servirme de la misma vela y del mismo fuelle, para que no habiendo mas diferencia en ambos experimentos que la del ayre, se la pudiese descubrir y valuar.

Los resultados fuéron concluyentes, y han probado decisivamente que el efecto de un fuelle aplicado á una llama clara no proviene de que se aumente el calor, sino de la actividad de la llama, por la qual es arrojada con fuerza, y dividida en diversas corrientes hácia la superficie del cuerpo sobre quien debe obrar; de manera, que el efecto del fuelle en ambos experimentos es segun las apariencias tan grande, usando del ayre fixo, que no la añade calor, como del ayre atmosférico.

Pero habiendo considerado que la decision de la cuestión, relativa al modo con que la llama comunica el calor, debe ser muy importante, no paráron aquí mis

indagaciones sobre el asunto de que acabo de hablar. Repetí muchas veces los experimentos, y los varié de diversos modos, usando algunas veces del ayre fixo, otras del atmosférico, y otras del gas oxígeno, y del ayre comun viciado, é incapaz de sostener ni la vida ni la combustion, la qual se cuidaba de que la hubiese haciendo arder una vela hasta el momento en que se apagaba.

Me dilataria demasiado si hubiera de referir por menor todos estos experimentos: me contentaré con advertir que todos contribuyéron para demostrar que el efecto de un fuelle empleado, segun acabo de indicar, se debe á la direccion y á la velocidad que da á la llama contra quien se emplea el fuelle, y no á un aumento de calor.

Se debe tener presente que el objeto principal que he tenido á la vista en estos experimentos era el descubrir el modo con que la llama comunica el calor á otros cuerpos, y por que medio se puede facilitar esta comunicacion. Si con soplar el fuego se quiere aumentar la intension del calor, la corriente de ayre se debiera aplicar de modo que pudiese acelerar la combustion: es preciso dirigirle hácia la superficie del combustible incandescente, y no hácia el vapor roxo ó hácia la llama que sale de él, donde probablemente está ya hecha la combustion; en este caso no hay duda que el efecto que resultaria soplando dependeria mucho de la calidad del ayre que se emplease para ello.

El resultado de los anteriores experimentos hechos con los fuelles parecerá en mi concepto muy decisivo á los que se tomen el trabajo de considerarlos

arentemente , porque son evidentes las utilidades que se pueden sacar de conocer los diversos hechos que establecen. Si la llama ó el vapor caldeado que se levanta de los cuerpos encendidos son no-conductores de calor, y si para comunicarlo á otro cuerpo es necesario que sus moléculas lleguen cada una de por sí á estar en contacto con él, es evidente que la hechura de una caldera y la de su hogar son objetos muy importantes, y que será la forma mas ventajosa aquella que esté mejor dispuesta para producir movimientos interiores en la llama, y poner sucesivamente en contacto con el cuerpo que se ha de calentar quantas partículas de la llama sea posible. La caldera debe tener no solamente una superficie lo mas ancha que se pueda, sino que tambien debe ser su hechura á propósito para que la llama que la rodea la hiera con cierto impulso, se rompa en su superficie, y la recorra baxo la forma de corrientes y de torbellinos.

Los impulsos de la llama deben obrar contra el fondo de la caldera, y no contra sus lados, porque consintiendo que los vapores caldeados ó la llama se eleven libremente en paralelo con los lados verticales de una caldera, hieren rápidamente esta superficie, y no hallan obstáculo alguno que les rompa en forma de corrientes y de torbellinos; corren suavemente como un arroyo por un canal igual, y las mismas partículas caldeadas del vapor que tocan inmediatamente con los lados de la caldera en el fondo ó en su extremidad inferior, como se ven hostigadas contra esta superficie por la corriente que les impele á elevarse, impiden que se acerquen otras partículas caldeadas; de manera que la mayor parte del calor contenido

en la llama y el vapor caldeado que se levanta del fuego en lugar de penetrar por la caldera, pasan á la atmósfera por el cañon de la chimenea, y se pierden absolutamente.

Se puede valuar la pérdida de este calor, originada de la mala construccion de las calderas y de sus hogares, por el resultado de los experimentos que se refieren en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO V.

Detalle de los experimentos hechos con calderas y hogares de diferentes formas y dimensiones; advertencias y observaciones diversas sobre sus resultados; y ventajas que pueden sacarse de ellos. Experimentos hechos en grande con la caldera de una fábrica de cerveza. Detalle del modo con que se ha construido y colocado una caldera de la misma con arreglo á un plan perfeccionado. Resultado de muchos experimentos hechos con esta caldera. Ventaja que resulta en la economía del combustible destinado á poner los líquidos en el grado de hervor que se necesita para hacer los experimentos en grande. Estas ventajas son sin embargo limitadas. Detalle de una reforma hecha en la caldera de la nueva fábrica de cerveza con el fin de abreviar el tiempo necesario para hacer hervir el agua contenida en ella. Experimentos que demuestran los efectos de estas reformas. Valuacion de las cantidades relativas de calor que pueden producir el carbon de tierra hecho polvo, llamado coak; del carbon de tierra; del carbon de leña; y particularmente del de encina. Modo de graduar la cantidad de carbon de tierra necesaria para executar todas las operaciones mencionadas en este Ensayo, en las cuales se empleaba anteriormente leña. Valuacion de las cantidades totales de calor que pueden producir diferentes especies de combustible, y de las cantidades reales de calor que se pierden en diversas circunstancias al componer los alimentos en las cocinas.

Lo que he dicho en el capítulo anterior bastará, en mi concepto, para dar al lector una idea clara del

punto de que se trata en todos sus detalles y baxo todas sus relaciones; y le pondrá en estado de comprender sin la menor dificultad todo lo que tengo que añadir acerca de lo mismo; y particularmente de descubrir los diversos objetos que tenia en consideracion en los primeros experimentos de que voy á dar cuenta, y de apreciar la exáctitud de las conclusiones que he deducido de ellos.

El detalle de estos experimentos, que ocupan una gran parte de este Ensayo, no es con todo mas que un compendio de los que he hecho y he presenciado sobre el calor de siete años á esta parte. Si los publicase todos, entrando en los por menores contenidos en mis registros, compondrian muchos volúmenes.

Ha sido para mí una fortuna que este registro fuese tan voluminoso: sin esta circunstancia es probable que lo hubiera llevado á Inglaterra el año pasado, y que lo hubiera perdido con el resto de mis papeles en la maleta que me robáron pasando por el cementerio de S. Pablo á mi llegada á Londres, donde hacia once años que no habia estado (1).

Como he previsto al hacer mis investigaciones sobre el calor que me hallaria en el caso de hacer muchos experimentos sobre los líquidos quando estan hirviendo para clasificarlos con mas facilidad, he hecho imprimir una tabla, donde en qualquier circunstancia se pueden escribir con claridad y sin mucho trabajo los detalles ordinarios de cada experimento de este género.

(1) Tengo motivos para creer que estos papeles existen aun, y estaria para siempre verdaderamente agradecido al que me proporcionase su restitution.

Como esta tabla puede ser útil á otras personas que podrán hacer investigaciones de la misma clase, y presentar al lector una idea clara del modo como he dirigido mis experimentos, daré por exemplo el detalle de uno en la misma forma que yo lo he hecho poner en una de estas tablas impresas.

Estas como que sirven para el uso diario estan sueltas, é impresas en medio pliego de papel de marca.

*Experimento sobre la conduccion del fuego al hacer que
hiervan los líquidos.*

Epoca del dia.		Combustible puesto en el bogar.		Tempera- mento del liquido.	Contenido en la caldera.		
hor.	min.	Núm. de las piezas.	Peso.	Grados de F.	Especie de lí- quido.	Medi- das.	Peso.
9...	15...	29...	ls. cast. 131,27	60°	Agua.	6984	libs. cast. 16419,25
.....	30...	6...	65,63	70°			
.....	41...	6...	65,63	.....		
10...	15...	7...	65,93	92			
.....	25...	7...	id.	105			
.....	46...	7...	id.	120			
11...	.....	7...	id.	130		
.....	15...	7...	id.	.....		
.....	26...	8...	id.	145			
.....	43...	7...	id.	155			
.....	50...	7...	id.	163			
12...	5...	8...	id.	173			
.....	17...	7...	id.	183			
.....	31...	15...	id.	192			
.....	55...	.....	.....	cociendo	
1...	38...	7...	id.	.....		
2...	35...	7...	id.	.....		
3...	38...	.....	.....	dexó de hervir	

*Hecho en Munich el dia 15 de Abril de 1795 en
una fábrica de cerveza perteneciente á S. A. S. Elec-
toral.*

Altura del barómetro 26 pulgadas $\frac{5}{12}$.

Del termómetro de F. 58.º

Dimensiones de la caldera.

Diámetro { Sup. ó largo 11 pies 7 pulgs. 8 líneas.
inf. ó ancho 9 pies 3 pulgs. 8,8 líneas.

Profundidad, 4 pies, 6 pulgs. 9,4 líneas, hecha (de cobre) peso (desconocido). Capacidad total 8176 medidas que pesan 20324,48 libras.

Especie de combustible.

Medianamente seco)

(Leña de abeto.
Maderos de 6 pies,
11 pulgs. 9,6 líneas
de largo.

Resultados generales del experimento.

Tiempo empleado en hacer hervir el líquido 3 horas y 40 minutos.

Combustible gastado para ello 1110,4 libras.

Tiempo que estuvo hirviendo el líquido 2 horas y 43 minutos.

Combustible añadido para conservar el hervor 131,27 libras.

Porción de líquido evaporado (no observada).

Resultado cierto.

Con el calor producido por la quema de 1,31 libra de combustible se hicieron hervir 17,331 libras de agua helada, ó se han mantenido en el estado de hervor durante una hora 445,13 libras de agua hirviendo.

Todo quanto puede apetecerse en este género de experimentos está contenido en las fórmulas impresas, exceptuando las palabras y caracteres entre paréntesis: de donde se viene en conocimiento de que el uso de estas tablas se dirige á disminuir el trabajo de registrar los resultados, y precaver todos los errores.

El exemplo que he dado en esta tabla es la relacion de un experimento en el qual se ha empleado una grande cantidad de agua helada del peso de 16419,25 libras; pero es evidente que estas tablas pueden igualmente convenir á la porcion mas pequeña de líquido contenido en una cacerola.

Lo que se ha designado baxo el título *de resultados generales del experimento* no necesita de explicacion; pero conviene explicar lo que entiendo por *resultado cierto*.

Quando es menester comparar á menudo el resultado de los experimentos hechos en tiempos y estaciones diferentes, como el temperamento inicial del agua en que se pone fuego baxo la caldera, es rara vez el mismo en dos experimentos; y como el calor del agua hirviendo varía segun la diversa presion de la atmósfera, ó la altura del mercurio en el barómetro, ha sido por lo mismo necesario tener presentes todas estas di-

ferencias. He pensado que el mejor modo de hacer la reduccion era el de calcular desde luego el número de grados con que se habia alimentado realmente el calor del líquido, y la cantidad de combustible empleado para hacerlo llegar á este temperamento; quanto combustible hubiera sido necesario para elevar á 180° el temperamento de este mismo líquido, ó para conducirlo desde el estado de hielo al de agua hirviendo, baxo la presion media de la atmósfera á la orilla del mar, dividiendo despues el peso del agua sujeta al experimento expresado en libras por el peso del combustible necesario para hacerla hervir, se conoceria el número de libras de agua helada que calienta el calor que produce la combustion de una libra de combustible, y se hubiera podido conducir al estado de hervor baxo la presion media de la atmósfera á la orilla del mar.

La ciudad de Munich, en donde se han hecho todos los experimentos que se van refiriendo, está mucho mas arriba del nivel del mar, porque está situada casi en el centro de Alemania. La altura media del mercurio en el barómetro no pasa de 30 pulgadas, 9,33 líneas castellanas; de consiguiente el agua en Munich hierve á un temperamento mas baxo que en Londres. Esta diferencia, bastante sensible para no despreciarse, es la de dos grados y medio del termómetro de Fahrenheit, porque la altura media del estado de hervor en Munich es de 209 grados y medio, y en los lugares situados casi al nivel del mar de 212 grados. Para hacer mis experimentos y cálculos mas sencillos y mas útiles tendré siempre cuenta con esta diferencia.

Habiendo hecho en vista del resultado actual de cada experimento y los principios expuestos un cálculo que por falta de expresion á propósito para indicarle, le he llamado *resultado cierto* del experimento, es evidente que este resultado demuestra con la mayor exáctitud el mérito comparado de diversos arreglos mecánicos, y el de la conduccion del fuego en los experimentos hechos con respecto á economizar el combustible; porque quanto mayor sea la porcion de agua helada que se haga hervir con el calor producido por la combustion de una cantidad determinada de leña (una libra por exemplo), tanto mejor se podrá decir, supuestos unos mismos datos, que la construccion del hogar se acerca á la perfeccion.

Algunas veces he añadido baxo el epígrafe *resultado cierto* otro cálculo que manifiesta quanta porcion de agua hirviendo puede mantener en el estado de hervor por espacio de una hora el calor producido por la combustion de una libra de leña, con arreglo al resultado de los experimentos. Aunque he llamado á esta especie de cálculo *resultado cierto*, es evidente que en muchas circunstancias no se le puede mirar como muy exácto con respecto á la dificultad de valuar la cantidad de combustible que hay en el fognon, y que no está consumida al tiempo de empezar á hervir el agua.

En el exemplo anterior, al hacer el cálculo he supuesto que quando empezó á hervir el agua habia bastante leña sin consumir para mantener el hervor por espacio de 43 minutos, y que la que se echó despues (131,27 libras) lo mantuvo hasta el espacio de dos horas.

Sin embargo, casi siempre he supuesto, para ahorrar el trabajo de hacer estos cálculos, que toda la leña empleada para hacer hervir el agua se ha consumido enteramente en el curso de esta operacion, y que todo el calor empleado para mantener el hervor es producido por la leña que se ha consumido desde que empezó á hervir. Este supuesto es notoriamente falso; pero como no son susceptibles los cálculos de que se trata de una exâctitud rigurosa, seria inútil pretender que la tuviesen. Además, por imperfectos que sean estos cálculos de aproximacion, se les hallará útiles en muchos casos.

Al referir los experimentos siguientes no los colocaré exâctamente segun el orden con que se hicieron: los clasificaré del modo mas oportuno, para que las luces que pueden suministrar sus resultados se presenten en el orden mas claro é inteligible: cuidaré de numerar todos estos experimentos para mayor comodidad del lector; y como he tomado ya esta precaucion en los quatro experimentos referidos en el primer capítulo de este Ensayo, empezaré desde este número con los experimentos siguientes.

Experimento núm. 5.

En el primer capítulo de este Ensayo se ha hecho la descripcion de la primera cocina que se hizo en la casa de industria de Munich, y el gasto total del combustible consumido en ella para preparar el alimento de mil personas, que comunmente era la sopa de guisantes, era de 393,81 libras de haya seca; y por consiguiente pesando cada porcion de sopa 1,31 li-

bra , necesita cada porcion de esta $\frac{3}{10}$ largos.

Experimento núm. 6.

La primera cocina construida en la casa de industria se demolió , y se hizo otra por diversos principios. En lugar de las calderas de cobre se pusieron de hierro esféricas , y cada una tenia su hogar particular cerrado , y se colocaron en el hogar alto fixadas por las asas de su borde , y así quedaba el espacio necesario para que la llama pudiese circular al rededor. El humo salia de la chimenea por un conducto horizontal de 5 pulgadas, 9,8 líneas de ancho , y otras tantas de alto metido en la pared , y tenia su abertura por el lado del hogar opuesto á la puerta por donde se introducía el combustible. El fuego se encendia sobre una rejilla chata , colocada debaxo de la caldera á la distancia de casi 13 pulgadas de su fondo. La puerta del cenicero tenia un registro , pero el cañon por donde pasaba el humo á la chimenea no tenia válvula , lo que era un defecto muy grande. La abertura del hogar estaba cerrada con una puerta de hierro. Cada una de estas calderas de hierro pesaba 156,88 libras castellanas , tenia casi 27 pulgadas castellanas de diámetro , y 16 pies 3,5 líneas de profundidad , y contenia 240,06 libras de agua.

Segun esto , parece que el modo con que estan colocadas estas calderas no se diferenciaba esencialmente de aquel con que estan situadas en las cocinas de los hospitales , construidas segun los principios acostumbrados.

Con respecto á los experimentos hechos cuidadosamente , y repetidos con frecuencia , he hallado que

para preparar 89 porciones de sopa de guisantes, ó el valor de 116,83 libras castellanas en una de estas calderas eran necesarias 56,44 libras de haya seca, y que la operacion duraba 4 horas y media, de que resulta que cada libra de sopa necesita 0,483 de libra de leña.

En la primera construccion de la cocina solo se consumian 0,3 de libra de leña por cada libra de sopa; de que se infiere que las reformas hechas en la cocina no eran ventajosas con respecto á la economia del combustible: y así lo esperaba yo; porque mi intencion al construirla no era la de economizarlo, sino saber quanto se consumia en los guisos segun los métodos adoptados en el hospital, ó en otros establecimientos caritativos. Antes de saberlo positivamente me era imposible valuar con precision las ventajas de las reformas que queria adoptar al construir los hogares de cocina.

Para determinar hasta qué punto la cantidad del combustible necesario á la preparacion de los alimentos dependia de la hechura del hogar, siendo unos mismos las calderas y demas objetos, hice los experimentos siguientes.

Experimentos núm. 7 y 8.

Dos calderas de la casa de industria perfectamente semejantes, y vaciadas en un mismo molde, se eligieron para este experimento: se sacó una de ellas, número 8, de su nicho, y se mudó la hechura del hogar con arreglo á los principios nuevos. La rejilla era circular y cóncava, y su diámetro reducido á 13 pulgadas, 11,6 líneas. El hogar se hizo en forma cilin-

drica sobre la rejilla, y se reduxo á 13 pulgadas, 11,6 líneas de diámetro; y colocada la caldera sobre él, la llama pasaba por un agujerito hecho en la parte superior del hogar, y se la obligaba á dar la vuelta entera al rededor de la caldera antes de llegar al cañon por donde el humo entra en la chimenea.

Aunque no tenia bálbula este cañon, sin embargo, como la entrada por donde se juntaba con el que rodeaba toda la caldera, se habia reducido mucho, equivalia, aunque imperfectamente, á un contrapeso ó bálbula. Acabado este hogar, se mantuvo en él una lumbre moderada para secar las paredes, y se hizo el experimento preparando en esta caldera la misma especie de sopa que en otra inmediata, cuyo hogar no se habia reformado.

En cada una de ellas se prepararon 116,83 libras de sopa de guisantes, y se empezó y acabó en ambas el experimento á un mismo tiempo.

El combustible que se empleó era la leña de abeto, que anteriormente se habia puesto á secar en un horno por todo un dia.

Las calderas permanecieron constantemente cerradas con sus dobles coberteras, á excepcion de quando se meneaba la sopa para que no tomase el sabor á quemado pegándose en el fondo.

El resultado de este importante experimento fue el siguiente.

<i>Experimento núm. 7.</i>	<i>Experimento núm. 8.</i>
En la caldera núm. 1.	En la caldera núm. 8, cuyo hogar se había reformado.
Cantidad de leña consumida para hacer 116,83 libras de sopa de guisantes.	18,3 lib.

Se hicieron estos experimentos el día 7 de Noviembre. Se repitieron al siguiente día con leña de abeto sin secar en el horno, y el resultado fue el que sigue.

<i>Experimento núm. 9.</i>	<i>Experimento núm. 10.</i>
En la caldera núm. 1.	En la caldera núm. 8, cuyo hogar se había rectificado.
Cantidad de leña consumida para hacer 116,83 libras de sopa de guisantes.	20,96 lib.

La primera observacion que haré sobre el resultado de estos experimentos es la prueba que dan comparándolos con el experimento núm. 6 del descubrimien-

to importante, que la leña de abeto suministra mas calor en la combustion que la de haya. Este hecho es tanto mas extraordinario quanto es absolutamente contrario á la opinion general, y tanto mas importante quanto el precio del abeto es en muchos parages la mitad del de la haya.

Quando se hizo el experimento núm. 6 se ha visto que se necesitaban 56,44 libras de leña de haya seca para preparar 116,83 libras de sopa de guisantes. En el experimento núm. 7 se consiguió lo mismo con 48,4 libras, y en el núm. 9 con 51,09 libras de abeto seco. Pero este asunto lo exâminaré muy en breve mas detalladamente. Solo advertiré que el resultado de todos los experimentos hechos ha demostrado constantemente que la leña de abeto da mas calor en la combustion que la de haya seca. Tengo motivo para creer que la diferencia es verdaderamente mayor que la que indican los experimentos referidos. Pero la extension de esta diferencia dependerá siempre en gran parte de las circunstancias con que se consuma el combustible, ó, en otros términos, de la construccion del hogar; y no es una de las menores ventajas de la construccion de los hogares que propongo para que se adopten la de saber que estan dispuestos de modo que la leña mas barata produzca mas efecto que la que es cara y escasa.

Comparando el resultado de estas dos clases de experimentos (núm. 7 y 8) (núm. 9 y 10), se puede valuar la ventaja que resulta de usar de leña seca para quemar en lugar de la que no lo está enteramente. Pero como tengo ánimo de desenvolver mas adelante este asunto con toda prolixidad, me contentaré

con observar ahora , que como la leña que se habia secado en el horno se pesó despues para usarla , y que como era ciertamente mas pesada antes de secarla , la economía que proviene de usarla seca , no era tan grande como lo anunciaria la diferencia de peso de las cantidades de leña que se empleó en ambos experimentos. Para valuar con exâctitud esta economía seria menester pesar la leña antes de ponerla á secar , ó en el mismo estado en que se pesó la leña que se ha gastado sin estar seca.

Pero volviendo al objeto principal de estos experimentos , que era el de determinar los efectos de la diferencia de la construccion de ambos hogares , ello es cierto que la diferencia entre el combustible gastado en ambos para el mismo fin demuestra evidentemente la ventaja que resultó de adoptar las reformas propuestas.

Conocí quanto importaba determinar con experimentos hechos con toda la exâctitud posible la verdadera extension de las ventajas que se sacarian de las alteraciones hechas en los hogares con respecto á la economía del combustible , y creí que no debia contentarme con mudar de quando en quando la hechura de los hogares de cocina que habia hecho , sino procurar determinar quanto habia adelantado en cada reforma. Esto era necesario no solo para prestar razones que motivasen las reformas que habia introducido , sino tambien para satisfacerme á mí mismo , considerando los progresos que hacia en cada una de mis investigaciones.

En el primer arreglo de la cocina de la Academia militar estaban colgadas las calderas por el borde en la

pared, de modo que la llama podia pasar libremente al rededor de ellas, y el humo salia por tubos horizontales que se comunicaban con la chimenea, y que no tenian contrapesos.

Se encendia la lumbre sobre una rejilla de hierro chata, y el diámetro interior del hogar era mayor que el de la caldera de 27 á 41 líneas. El fondo de ella, de 7 hasta 11 y 13 pulgadas, segun su grandor sobre el nivel de la rejilla; y la puerta destinada para introducir el combustible se mantenía siempre cerrada. La puerta del cenicero tenia un registro, y las calderas sus tapas dobles.

Por resultado de mis investigaciones me propuse demoler esta cocina, y construirla otra vez por nuevos principios: antes de demolerla hice muchos experimentos exâctísimos para fixar el verdadero consumo de combustible en los hogares segun estaban con todos sus defectos, y acabada la nueva disposicion de la cocina repetí estos experimentos con las mismas calderas: comparando despues los resultados, me he puesto en disposicion de valuar con exâctitud la verdadera ganancia de tiempo y de combustible que se lograba con las reformas adoptadas.

Por todo lo que llevo dicho y repetido acaso con frecuencia en este Ensayo sobre la construccion de los hogares de cocina, el lector podrá formar una idea cabal del modo con que estan dispuestos los hogares de que hablo, y de los de la Academia militar en su estado de perfeccion quando diga que la lumbre se encendió sobre una rejilla circular y cóncava, y de un diámetro casi igual á la mitad del de la caldera; que lo que se llama *el hogar* es una cavidad cilíndrica hecha

en lo grueso de la pared que sostiene la caldera , de diámetro igual al de la rejilla , y de la altura de 6 pulgadas , 11,8 líneas á 11 pulgadas 7,6 líneas , mas 6 menos , segun la hechura de la caldera ; que esta está apoyada sobre la extremidad superior del muro circular que forma el hogar , con un agujero pequeño de $3\frac{1}{2}$ á 4 pulgadas , 7,8 líneas de largo , tomado horizontalmente , y otro tanto de alto , hasta la extremidad de uno de los lados de este muro ; que la llama que se eleva por debaxo del fondo de la caldera puede pasar despues por un tubo espiral dispuesto al intento baxo de aquella parte del fondo de la caldera que está por fuera del muro del hogar sobre que está apoyada. Habiendo la llama dado una vuelta entera por este conducto espiral y al rededor de la caldera , marcha por un conducto horizontal que tiene su contrapeso al cañon de la chimenea.

Para que la extremidad del muro circular del hogar sobre el que está apoyada la caldera no cubra una gran parte del fondo de este vaso , se ha reducido considerablemente su grueso en esta parte , esto es, en el sitio en que toca con la caldera. Casi no tiene mas que 6,9 líneas de grueso.

El agujero por donde se echa el combustible en el hogar es de hechura cónica , hecho con piedra arenisca , el qual está cerrado con un tapon de la misma especie de piedra. La puerta del cenicero y su registro estan hechos con tanto cuidado y exâctitud , que quando se cierran se apaga el fuego casi al momento.

Las dimensiones de la caldera con que se han hecho los experimentos de que debo dar cuenta eran las siguientes.

Diámetro	{ inferior } 16,27	} de pulgadas castellanas.
	{ superior } 14,59	
Profundidad	15,86	

Pesaba 39,22 libras, contenia estando llena 77,36 libras.

Los resultados de los dos experimentos que he hecho con esta caldera, teniendo presentes todas las circunstancias que podian contribuir á hacerlas exáctas, fue el siguiente.

	Experimento n. 11 con el antiguo bogar	Experimento n. 12 con el bogar rec- tificado.
Cantidad de agua con- tenida en la caldera en li- bras castellanas.....	libras. 57,15	libras. 57,15
Temperamento del agua al principio del experi- mento.....	59°	60°
Tiempo empleado para hacer hervir el agua.....	67 min.	30 min.
Leña consumida para hacer hervir el agua.....	11,79	3,93
Tiempo que ha hervi- do el agua.....	2 hs. 2 min.	3 hs.
Leña añadida para con- tinuar el hervor.....	6,55	3,27
Especie de leña em- pleada.....	Pino.	Pino.

Resultado cierto.

Agua helada calentada hasta los 180 grados, ó que se hizo hervir con 1,31 libra de leña.....	5,26	15,62
Agua hirviendo mante- nida en el estado de her- vor por espacio de una hora con 1,31 libra de leña.....	23,23	68,59

Los experimentos siguientes se han hecho en dos calderas de cobre (núm. 1. y 2.) de casi las mismas dimensiones en la cocina de la Academia militar de Munich, según las reformas hechas en esta cocina. Estas calderas eran redondas y bastante profundas, pesaban 65,72 libras: pertenecían primitivamente á la casa de industria, y hacían parte de las ocho calde ras

que en los primeros tiempos se calentaban con la misma lumbre.

Sus dimensiones exáctas, medidas por pulgadas castellanas, eran las siguientes.

	<i>La caldera núm. 1.</i>			<i>La caldera núm. 2.</i>		
	Pies.	Pulgadas.	Líneas.	Pies.	Pulgadas.	Líneas.
Superior.....	2	0	8,1	2	0	8,1
Inferior.....	1	10	2,24	1	11	8,14
Profundidad....	2	4	0,12	2	1	7,24

Al principio de cada uno de los experimentos siguientes contenia precisamente cada una de las calderas 95 azumbres de agua, que pesaban 244,97 libras.

La rejilla era circular y cóncava; tenia 1 pie, 0 pulgadas, 9,6 líneas de diámetro, y sus hogares se parecían exáctamente á los descritos en el experimento núm. 11. Cada una de estas calderas tenia su cobertera doble.

Los experimentos hechos con la caldera núm. 1 y sus resultados han sido los siguientes.

	Experi- mento num. 13.	Experi- mento num. 14.	Experi- mento num. 15.	Experi- mento num. 16.
	libras.	libras.	libras.	libras.
Cantidad de agua en la caldera al principio del experimento.	244,97	244,97	244,97	244,97
Temperamento del agua contenida en la caldera al principio del experimento.....	61°	59°	64°	55½°
Tiempo empleado para hacer hervir el agua.....	min. 78	min. 61	min. 61	min. 62
Leña consumida para hacer hervir el agua.....	lib. 15,72	lib. 14,41	lib. 11,79	lib. 10,48
Tiempo que el agua permaneció hirviendo.	min. 17	min. 28	min. 6	hs. min. 2 19
Cantidad de combustible añadido para mantener el hervor durante este tiempo...	lib. 0	lib. 0	lib. 0	lib. 5,16
Especie de leña empleada.....	Haya.	Haya.	Pino.	Pino

Resultados ciertos del experimento.

Agua al temple del yelo calentada hasta los 180°, ó hasta el hervor con el calor producido por 1,31 libra de combustible...	lib. 16,88	lib. 18,53	lib. 22,12	lib. 26,2
Agua hirviendo mantenida en este estado por espacio de una hora con el calor producido por la combustion de 1,31 libra de leña.....	0	0	0	142

Todos los experimentos referidos se hicieron el día 13 de Octubre de 1794 por el mismo orden que estan numerados.

Lo que sigue es el resultado del experimento hecho con la caldera núm. 2.

Cantidad de agua en la caldera al principio del experimento en libras castellanas.....	Experimento núm. 17. libras.	Experimento núm. 18. libras.	Experimento núm. 19. libras.	Experimento núm. 20. libras.	Experimento núm. 21. libras.
244,97	244,97	244,97	244,97	244,97	244,97
Temperamento del agua en la caldera al principio del experimento...	61°	58°	60°	55°	212°
Tiempo empleado para hacer hervir el agua.....	min. 75	min. 55	min. 57	min. 60	0
Leña consumida para hacerla hervir.	lib. 14,41	lib. 14,41	lib. 11,79	lib. 10,48	0
Tiempo en que el agua ha continuado hirviendo.....	min. 21	min. 17	min. 8	h. min. 2 29	h. min. 1 10
Leña añadida para hacer hervir el agua.	lib. 1,31	0	0	lib. 4,58	lib. 1,96
Especie de leña empleada.....	Haya.	Haya.	Pino.	Pino.	Haya.
<i>Resultado cierto.</i>					
Agua al temple del yelo hecha hervir con 1,31 libra de leña.....	lib. 19,23	lib. 17,77	lib. 23,04	lib. 26,33	0
Agua hirviendo mantenida en este estado con 1,31 libra de leña.....	0	0	0	lib. 173,81	lib. 190,52

Se hicieron estos experimentos el mismo día que

los anteriores, y segun el órden de su colocacion. En el penúltimo número 20 se economizó mas combustible que en ninguno de los que he hecho.

En los experimentos siguientes hechos con una caldera grande perteneciente á la casa de industria, y fabricada por mi nuevo método, se economizó casi tanto combustible.

Esta caldera de forma circular tenia 45,78 pulgadas de diámetro superior, 51,41 pulgadas de diámetro inferior, y 20,20 de profundidad. Pesaba 83,21 libras, y contenia cerca de 937,04 libras de agua al temperamento de 55° (Fahrenheit).

Por la parte superior tenia un reborde de madera de 2 pulgadas y 3,9 líneas de grueso, que se ajustaba con ella, y en él habia una muesca pequeña de casi 10,4 líneas de profundidad, en la que entraba una cobertera chata de madera, la qual estaba hecha de tres piezas unidas con visagras de hierro, y unida una de las piezas á la caldera por un corchete, estaban las dos dispuestas de manera, que se podian, siendo menester, doblar una sobre la otra. En la parte superior de esta cobertera habia un tubo de cobre de 2 pulgadas y 3,9 líneas de diámetro con una sopapa, desde donde pasaba el vapor á otro de madera muy estrecho que llegaba al techo, y de allí á la atmósfera.

Para precaver mas eficazmente que se disipase el calor por la cobertera de la caldera, se evitó que su superficie estuviese en contacto con la atmósfera, poniéndola una tapadera de lana muy espesa, de hechura circular, y forrada con lienzo fuerte por los lados.

Aunque el diámetro inferior de esta caldera era de mas de 43,96 pulgadas, el de su hogar, colocado

en el centro, no era mas que de 11,9 pulgadas; pero como la llama daba dos vueltas enteras por debaxo del fondo de la caldera en un canal espiral, y otra por sus lados, no era tan considerable el tiempo necesario para calentarla, como se hubiera presumido por razon de la pequenez de su hogar.

De esta caldera usaban con mas gusto los cocineros, y ha conservado esta preferencia.

La leña que sirvió para los experimentos siguientes era abeto tal qual seco; los haces ó atados tenian 6 pulgadas y 11,8 líneas de longitud, y casi 2 pulgadas y 3,9 líneas de diámetro.

La tabla siguiente es el resultado de cinco experimentos que he hecho despues que se colocó esta caldera en la cocina.

	Experi- mento num. 22.	Experi- mento num. 23.	Experi- mento num. 24.	Experi- mento num. 25.	Experi- mento num. 26.
Cantidad de agua en la caldera en li- bras castellanas.....	libras. 565,48	libras. 166,33	libras. 532,74	libras. 565,48	libras. 565,48
Temperamento del agua al princi- pio del experimen- to.....	48°	48°	96°	48°	48°
Tiempo neces- ario para hacer her- vir el agua.....	h. min. 2 4	min. 5 1	h. min. 1 15	h. min. 2 35	h. min. 3 1
Leña consumida para ello.....	lib. 32,09	lib. 10,8	lib. 19,32	lib. 33,75	lib. 30,44
Tiempo que el agua continuó hir- viendo.....	3 ^h	0	0	3 ^h	0
Leña aumentada para continuar el hervor.....	lib. 8,35	0	0	lib. 5,89	0
<i>Resultados precisos de los experimentos con el calor produ- cido por la combus- tion de 1,51 libra de leña.</i>					
Agua al temple del yelo hecha her- vir.....	lib. 24,71	lib. 16,58	lib. 16,02	lib. 22,89	lib. 24,80
Agua hirviendo mantenida en este estado por espacio de una hora.....	lib. 309,95	0	0	lib. 443,64	0

Sin detenerme en hacer observaciones sobre el resultado de estos experimentos (aunque dan margen á muchas interesantes) daré una razon sucinta de otra porcion de ellos hechos en grandes proporciones con

una caldera de cobre que habia en una fábrica de cerveza perteneciente al Elector.

Esta caldera rectángula tenia 11 pies , 7 pulgadas , 8,7 líneas de larga , 9 pies , 3 pulgadas , 8,8 líneas de ancha , y 4 pies , 7 pulgadas , 10,4 líneas de profundidad , y contenia 8176 azumbres. Al exâminarla noté que su hogar estaba construido por malos principios ; y tratando de saber la cantidad de leña que se consumia para calentarla , supe que era excesiva.

En esta fábrica se hace la cerveza blanca , cuyo principal ingrediente es la hez de la cerveza de trigo ; y como se trabaja en ella todo el año , era muy considerable el gasto de combustible , por lo qual era tanto mas importante su economía.

La cantidad media de la leña que se consumia diariamente en esta fábrica pasaba de 4 *clasters* , ó cuerdas de Baviera , y con solo reformar su hogar , y poniendo una cobertera de madera sobre la caldera , he reducido el consumo de combustible á menos de uno y medio.

En el nuevo hogar que he hecho construir para esta caldera está dividida la cabidad que hay baxo de ella en tres canales con paredes de ladrillos poco gruesos , contruidos en la direccion de lo largo de la caldera. El canal del medio , que es dos veces mas ancho que los laterales , está ocupado por el combustible encendido , y tiene una rejilla de 20,8 pulgadas de ancho , y de 37,44 de largo ; la abertura por donde se introduce el combustible en el hogar está cerrada con dos puertas de hierro , colocadas una detras de otra á la distancia de 8,32 pulgadas. La rejilla que está colocada á la extremidad anterior del hogar es ho-

rizantal, y está situada á casi 12,48 pulgadas por baxo del fondo de la caldera. El ayre que alimenta el fuego se introduce por baxo de la rejilla por medio de un registro hecho en la puerta del cenicero.

Aunque las puertas dobles que cierran la entrada estan cerradas, la llama del combustible se levanta perpendicularmente contra el fondo de la caldera; pasa despues por la extremidad del canal del medio que forma el hogar, de donde se separa para entrar en los dos canales laterales; se levanta despues por dos tubos horizontales colocados uno sobre otro, y que rodean la caldera, y despues de haber terminado este círculo, se eleva por último por tubos separados provistos de válvulas, y pasa á la chimenea.

Aunque las figuras 17 y 18 lámina 3.^a no representan el hogar que ahora describo, sino otro de que hablaré dentro de poco, sin embargo la sola inspeccion de estas láminas puede dar una idea de los principios por los que se ha construido el hogar de que se trata, y por este respecto remito al lector á ellas.

El combustible encendido estando contenido en un espacio estrecho donde se mantiene una corriente de ayre, y estando rodeada con paredes de ladrillos que son de los no-conductores, el calor del fuego es mayor, y por consiguiente el combustible se consume mejor. La llama, que es en extremo viva y clara, sin mezcla alguna de humo, pasa rápidamente baxo el fondo de la caldera que forma la pared superior de los canales, y por un efecto de la resistencia que experimenta en su paso por razon del rozamiento y de las vueltas que tiene precision de dar, se divide en una

porcion de torbellinos que forman un espectáculo bastante curioso.

Para gozar de él á mi satisfaccion hice poner un cristal en la pared de la fachada del hogar, por el qual podia ver el efecto del fuego quando las puertas estaban cerradas, y recogí el fruto de mi trabajo y del pequeño gasto que me habia ocasionado.

Acaso se mofarán algunos porque considerarán esto como una invencion pueril; pero estoy seguro que otros muchos, y aun Físicos de reputacion, hubieran tomado parte en mi diversion.

La abertura de que hablo es circular, y no tiene mas que 6,24 pulgadas de diámetro; pero como el agujero hecho en la pared es de hechura cónica, mucho mas ancho por dentro que por fuera, el cristal que le tapa presenta á la vista un campo bastante dilatado para descubrir todo lo que pasa dentro del hogar.

Este agujero cónico está representado en las figuras 18 y 21 con líneas de puntos, y está situado á la izquierda de la entrada del hogar. Por su parte exterior hay un tubo de cobre muy corto de casi 6,24 pulgadas de diámetro, y 4,16 de largo, y en él se ha colocado otro movible, el qual está cerrado por una de sus extremidades con el cristal circular que forma la ventana. Como la pared de la fachada del hogar es gruesa, el cristal se halla á una distancia considerable del combustible encendido, y nunca se calienta demasiado, porque no hay corriente alguna de ayre que lleve el calor hácia él.

He descrito esta pequeña invencion con tanto mas cuidado, quanto creo que puede ser muy útil. Hay muchos casos en que se quisiera saber positivamente lo

que pasa en un hogar cerrado, y esto no se puede ver jamas por la puerta; porque en el instante que se abra, el ayre se dirige impetuosamente hácia el hogar, y trastorna toda la economía del fuego. Ademas de esto es casi siempre muy perjudicial abrir la puerta del hogar durante qualquiera operacion química; porque resulta una pérdida de calor, cosa que se debe evitar en muchos casos con la mayor escrupulosidad.

He dicho que la ventana que he descrito me habia proporcionado diversion; mas, me induxo sospechas muy útiles, me dió motivo para observar el modo con que se podian dirigir los movimientos interiores de la llama, adoptándose las disposiciones convenientes, y poder valuar exáctamente sus efectos; en una palabra, me puso en disposicion de estudiar mejor el objeto que me tenia ocupado tanto tiempo habia (el fuego), y sobre este objeto especial todo lo nuevo no puede menos de interesar. Vuelvo á la fábrica de cerveza.

En la parte superior de la caldera se ha fixado un marco de madera de encina, rectángulo, de casi 8 pulgadas y 1,7 líneas de grueso, y 17 pulgadas, 5,5 líneas de ancho, y la parte superior de la caldera está sujeta con clavos grandes de cobre al quadro interior que forma este marco: sobre este armazon se ha levantado una especie de caballete con sus dos declives, para que tape la caldera. Esta tapadera, cuyos lados son de 3 pies, 4 pulgadas y 10,8 líneas de alto, y cuya cima está cubierta con un techo muy chato, dispuesto en pendiente por ambos lados desde el centro, está hecho de maderos ligeros de abeto (de 4 pulgadas y 7,8 líneas en quadro) cubierto por dentro y fuera con tablas muy delgadas, y encaxadas unas en

otras, para que la tapadera de la caldera no dé paso al ayre en quanto sea posible, con respecto á la materia de que está compuesta.

Un tubo de madera de casi 1 pie, 1 pulgada, 11,6 líneas de diámetro (*m* fig. 17.^a) atraviesa esta tapadera y sube hasta el techo de la fábrica; tiene una válvula de madera, y sirve para dar salida á los vapores.

En las dos fachadas opuestas de esta tapadera, cerca del sitio por donde sale el mosto de la cuba para entrar en las calderas de la cerveza, hay dos puertas grandes de madera (*i* y *k* fig. 17.^a) que se levantan con cuerdas que pasan por unas poleas fixas en el techo.

Hay ademas otras dos ventanas (véase la fig. 17.^a) situadas en los lados opuestos de la tapadera, por medio de las quales, desde que el hervor del líquido ha hecho trasparente el espacio que está sobre él, se puede ver todo lo que sucede en la cuba y en la superficie del líquido sin abrir nada.

Se deben precaver dos cosas al usar de este aparato, una no abrir las puertas y ventanas del cobertizo ó tapadera hasta haber abierto enteramente el tapon ó válvula del conducto de los vapores; porque si no saldrian impetuosamente por la parte del que estuviese observando, y podrian escaldarle; y la otra no abrir la puerta del hogar hasta despues de haber abierto totalmente la válvula que modifica la salida del humo, ó de haber cerrado perfectamente el registro de la puerta del cenicero; porque de lo contrario saldria el humo por la puerta, y á veces la llama. Estas precauciones son necesarias en los hogares contruidos por mis principios.

Para no molestar al lector con detalles acaso muy

prolixos , le daré en compendio el resultado de una porcion de experimentos que me han hecho trabajar mucho , ó al menos me han ocupado mucho mas tiempo que el que se tardará en leer todos los Ensayos que he escrito en toda mi vida. Conozco que soy algunas veces muy prolixo para el gusto del siglo ; pero suplico se tenga presente que no es indiferente el motivo de mis investigaciones ; que yo las considero íntimamente unidas con la felicidad , y todas las satisfacciones del género humano ; que el hábito de meditar sobre este asunto , y de reflexionar sobre su extrema utilidad ha hecho nacer en mí una especie de entusiasmo , y no me permite tratarlo con frialdad , aunque mis opiniones sean diferentes de las de mis lectores.

He dado ya cuenta en todo su por menor de un experimento hecho el dia 15 de Abril de 1795 con la caldera que acabo de describir (véase la pág. 66). Voy á recapitular ahora los resultados generales de este experimento , y compararlos con los resultados medios de otros dos experimentos hechos con la misma caldera.

	Experimento núm. 27.	Experimento núm. 28.
Cantidad de agua en la cal- dera.....	libras. 16,385	libras. 16,385
Temperamento del agua al principio del experimento.....	60°	58°
Tiempo empleado para ha- cer hervir el agua.....	3 h. 40 m.	3 h. 48 m.
Combustible gastado para ello.....	1048 lib.	1080 lib.
Tiempo que el agua con- tinuó hirviendo.....	2 h. 43 m.	0
Combustible añadido para conservar el hervor.....	131	0
Especie de combustible.....	Pino.	Pino.
<i>Resultado cierto del expe- rimento.</i>		
Cantidad de agua al tem- peramento del yelo que se puede hacer hervir con 1,31 libra de leña.....	15,79	16,63
Tiempo necesario para pro- ducir este efecto (en Mu- nich) con la proporción ne- cesaria de combustible.....	4 h. 20 m.	4 h. 20 m.
Cantidad de agua conser- vada hirviendo por espacio de una hora con 1,31 de libra de pino ó de abeto.....	345,13	0

Comparando el resultado de estos experimentos con los que logré con las calderas de la casa de industria y de la Academia militar, estuve muy inclinado á creer que la caldera ó el hogar de la fábrica de cerveza pueden ser susceptibles de mejoras ventajosas, porque en algunos de estos experimentos hechos con calderas pequeñas se economizaba tanto combustible, que con el calor producido por la combustion de 1,31 de libra de abeto se habian hecho hervir 26,2 libras de agua al temple de yelo, en lugar que el resultado del último experimento hecho con una caldera mucho mayor, habia probado que la combustion de una libra de leña solo habia hecho hervir 17,03 libras de esta misma agua, aunque estuve para deducir, bien que si he de decir la verdad con demasiada precipitacion, que quanto mas grande sea el vaso que ha de servir para calentar los líquidos, mas combustible se debe economizar.

Los experimentos núms. 22, 25 y 26 hechos con las calderas mas capaces de las cocinas, me habian dado verdaderamente motivos para sospechar que (pasados ciertos límites) la mayor proporcion de una caldera no caminaba á ahorrar combustible quando se trataba de calentar agua; no obstante, como todos mis experimentos me fortificaron en la opinion que concebí en el principio, me incliné á creer que otra causa que la verdadera habia contribuido á producir los efectos inesperados que habia observado.

Confieso que me incomodé bastante de hallar que la caldera de la fábrica de cerveza, á pesar de sus grandes dimensiones, y de todo el cuidado que habia puesto en la construccion de su hogar del modo mas

ventajoso, en lugar de corresponder á mis esperanzas, exígia un consumo de combustible proporcionalmente mayor que otra caldera situada segun los mismos principios, pero casi cincuenta veces mas pequeña. Este resultado inesperado me embarazó mucho, y confieso que tuve la debilidad de picarme, sin desanimarme por eso. Exâminando la caldera grande, ví que su fondo era muy grueso, comparado con el de las pequeñas que estaban hechas de hojas de cobre muy delgado; y sospeché que esta diferencia podia ser la causa, ó á lo menos una de las causas que habian hecho mucho mayor el consumo del combustible que lo que esperaba. Como habia en la vecindad una fábrica de cerveza perteneciente á S. A. S. Electoral, en la que se debia colocar una caldera nueva, me aproveché de esta ocasion para hacer un experimento, que no solamente decidió la cuestión, sino que estableció al mismo tiempo un hecho nuevo respectivo al calor, cuyo descubrimiento era de los mas importantes.

Logré el permiso de S. A. E. para disponer el aparato de esta fábrica de cerveza segun me pareciese: resolví dedicar toda mi vigilancia para hacer su mecanismo interior todo lo mejor que se pudiera, y particularmente en lo respectivo á la economía del combustible. Segun la costumbre de hacer cerveza en la Baviera, toda la parte de la operacion que necesita del fuego empieza y se termina en 24 horas, de modo que la economía del tiempo para calentar el agua, y hacer hervir el mosto, era un objeto tan importante como la economía del combustible, y por consiguiente exígia una atencion particular.

Los medios de que me valí para lograr ambos fi-

nes se patentizarán con la descripción que voy á hacer de la caldera y de su hogar: este aparato está prolixiamente representado en las láminas 3.^a, 4.^a y 5.^a

Esta caldera tiene 12,48 pies de longitud, 10,4 de ancho, y 2,08 solamente de profundidad; las hojas de cobre de que está hecha son muy delgadas con respecto á sus grandes dimensiones, tienen menos de $\frac{1}{10}$ de pulgada de grueso medio; pesaba 884,83 libras, sin contar 67,84 libras de clavos de cobre empleados para remachar las hojas del mismo metal.

La parte superior de la caldera está rodeada de un marco grueso de madera de encina (*a b* fig. 17.^a), del qual está pendiente con clavos de cobre bien gruesos; sobre ella hay un techo ó cubierta permanente semejante en un todo á la que he descrito. Su fondo es chato, y descansa horizontalmente sobre los pequeños estribos de ladrillo que dividen el hogar en diversos conductos (véase la fig. 18.^a). Estos conductos no se dirigen á lo largo de la caldera, sino á lo ancho; por consiguiente la puerta del hogar corresponde al medio de la caldera.

Las hojas de cobre que forman su fondo tienen la misma dirección que los conductos, y es tal su anchura, que descansan sus junturas sobre las paredes de los conductos, excepto el de en medio, que es dos veces mas ancho que los otros, por consiguiente está descubierta en toda su longitud una de las junturas. Las hojas de cobre de esta parte de la caldera son mas gruesas que las otras, tienen precisamente 0,128 de pulgada de grueso.

El fuego se enciende en el conducto de en medio,

que como llevo dicho, es dos veces mas ancho que los demas. Hay baxo la caldera cinco conductos, á saber, uno en medio de 45,76 pulgadas de anchura por la parte superior, y que forma el hogar, y dos por cada parte, en los quales circula la llama, uno de 20,8 de pulgadas de ancho, y el otro de 19,76.

Los conductos laterales tienen 15,08 pulgadas de profundidad; pero como las paredes que les separan son mas gruesas por abaxo que por arriba en la parte que toca la caldera con ellas, la anchura de ellos por abaxo es solo de 13,52 pulgadas: sus paredes estan señaladas con líneas de puntos en la fig. 17.^a

Las paredes que separan los conductos no van de un cabo de la caldera al otro: hay un agujero en la extremidad de cada uno, igual á lo ancho de los conductos pequeños, para que pase la llama de uno á otro sin desamparar el fondo de la caldera.

Encendido el fuego sobre la rejilla circular en el conducto del medio (véase la fig. 18.^a), la llama camina por él hasta su fin, y dividiéndose despues á derecha é izquierda, se mete en los conductos inmediatos: así que llega á la pared que sostiene la caldera por su fachada, vuelve otra vez á derecha é izquierda, é introduciéndose por los dos conductos exteriores, los atraviesa todos hasta la parte de atras de la caldera.

Antes de haber reformado el hogar salia la llama por dos agujeros hechos al intento en la pared que sostiene el fondo de la caldera, y reuniéndose las dos corrientes de la llama, entraban en un conducto de 7,28 pulgadas de ancho y de 16,64 de alto que rodeaba toda la caldera. Pasaba despues la

llama á la chimenea por un conducto con su válvula.

Segun esta descripcion , parece que la llama y el humo , producidos por la combustion de la leña , pasando por estos conductos , corren casi 72,8 pies, siempre tocando con la superficie de la caldera , antes de marcharse por la chimenea.

Creí que este espacio era suficiente para proporcionar á estos fluidos diesen á la caldera todo el calor de que pudieran desprenderse , á pesar de todas las dificultades que se oponen á esta comunicacion , y deduxe que el contacto entre estos fluidos y la caldera se multiplicaria por medio de diferentes vueltas y torbellinos de llama , ocasionados por las variaciones de direccion que se la obligaba á tomar en los conductos colocados por debaxo y al rededor de la caldera.

Todos los experimentos hechos con esta caldera se han dirigido con el mayor cuidado y con la mayor atencion , y como sus resultados son curiosos é importantes por muchos respectos , he creido deberlos exponer con todos sus por menores.

Detalle de tres experimentos hechos en Munich el día 10 de Octubre de 1796 con la nueva caldera en la fábrica de cerveza, llamada Neuheusel, propia de S. A. S. Electoral, estando el tiempo bueno, el barómetro á la altura de 28 pulgadas inglesas, esto es, 30,52 españolas, y el termómetro de Fahrenheit á 36°.

	Pulgadas.
Dimensiones de la caldera,	
pulgadas castellanas.	
longitud.....	150,44
anchura.....	126,13
profundidad.....	2,63

La caldera podia contener estando absolutamente llena 18592,4 libras.

	Libras.
La caldera contenia verdaderamente al principio de cada uno de los experimentos siguientes.	10659,36

La leña que se usó en los experimentos siguientes era de abeto medianamente seco, cuyos haces tenian 43,84 pulgadas.

Primer experimento con la nueva caldera.

Experimento núm. 29.

Tiempo.	Leña puesta en el hogar.		Temperamento del agua en la caldera.
	Número de las haces.	Peso de estor.	En grados del termómetro de Fabrenheit.
Antes de medio día.			
11 h. 31 m.	10	Libs. cast. 65,63	50°
46	15	32,82	54
12 0	5	32,82	64
Después de medio día.			
10	5	id.	67
36	0	0	85
40	4	32,82	0
53	5	id.	96
1 12	7	id.	105
21	10	65,63	110
46	10	65,63	129
58	40	id.	0
2 17	46	id.	156
29	0	0	164
34	10	65,63	0
41	0	0	173
49	0	0	180
58	40	65,63	185
3 15	12	id.	197
26	20	32,82	205
3 35	0	0	agua hirviendo.

Tiempo empleado, 4 h. 4 m.

Leña consumida, 1617,952.

Después de haber vertido esta agua se echó en el instante otra fría, y se repitió el experimento del modo siguiente.

Experimento núm. 30.

Tiempo.	Cantidad de combustible puesto en el hogar.		Temperamento del agua en la caldera.
Después de medio día.	Número de los haces.	Peso de estos.	Grados del termómetro de Fahrenheit.
4 h. 41 m.	40	65,63	60°
50	40	id.	72
5 4	10	id.	86
16	10	id.	99½
29	10	id.	114
42	10	id.	126
56	40	id.	142
6 10	40	id.	157
24	40	id.	0
28	0	0	172
40	40	65,63	0
42½	0	0	185½
53	40	65,63	0
55	0	0	198
7 2	0	0	205
7 7	0	0	agua hirviendo.

Tiempo empleado, 2 h. 26 m.

Leña consumida, 715,693.

Después de haber vertido el agua se llenó otra vez la caldera de agua fría, y en este tercer experimento se echáron 14922,68 libras.

Los resultados del experimento fueron los siguientes.

Experimento núm. 31.

Tiempo.	Cantidad de leña puesta en el hogar.		Temperamento del agua.
Después de medio día.	Número de los baces.	Peso de estos.	Grados del termómetro de Fahrenheit.
8 h. 51 m.	80	131,27	65°
9 7	40	65,63	79
21	40	id.	90
44	40	id.	107
57	40	id.	118
10 14	40	id.	130
28	40	id.	140
45	40	id.	155
11 0	40	id.	165
15	40	id.	175
30	40	id.	182
45	40	id.	200
11 58	0	0	agua hirviendo.

Tiempo empleado, 3 h. 7 m.

Leña consumida, 846,720.

La tabla siguiente contiene el resultado de los tres experimentos.

Cantidad de agua contenida en la cal- dera al principio del experimento.....	Experimento num. 29. libras. 10659,36	Experimento num. 30. libras. 10659,36	Experimento num. 31. libras. 14922,68
Temperamento del agua al principio del experimento.....	50°	60°	65°
Tiempo empleado para hacer hervir el agua	h. m. 4 4	h. m. 2 26	h. m. 3 7
Leña de abeto con- sumida para hacer hervir el agua en li- bras castellanas.....	1617,952	715,693	846,720
<i>Resultados ciertos del experimento.</i>			
Cantidad de agua al temple del yelo que se hubiera podi- do hacer hervir con el calor producido por el consumo de 1,31 libra de com- bustible.....	16,42	16,08	18,11
Tiempo necesario segun el resultado del experimento pa- ra hacer hervir el yelo con la propor- cion dada de com- bustible.....	h. m. 4 31	h. m. 2 59	h. m. 3 35

Me sorprendí al comparar el resultado de estos experimentos con los que habia hecho en la otra fábrica de cerveza, de ver que adelantaba tan poco en apariencia con las reformas que habia adoptado; no obstante, despues de haber meditado con mas detencion, vi que habia ganado mucho mas de lo que habia creído, tanto con respecto á la economía del combustible, como á la del tiempo necesario para hacer hervir el agua. Resultarán estas ventajas de las comparaciones que voy á hacer entre los resultados medios de ambas clases de experimentos.

Resultados ciertos de los experimentos precedentes.

	Cantidad de agua al temple del yelo hecha hervir con 1,31 de combustible.	Tiempo necesario para hacer hervir el yelo segun el resultado de los experimentos.
<i>Primera serie.</i>	libras.	
Experimento n. 27.	15,79	4 h. 20 m.
Experimento n. 28.	16,63	4 20
Suma.....	32,42	8 40
Término medio.....	16,21	4 20
<i>Segunda serie.</i>		
Experimento n. 29.	16,42	4 31
Experimento n. 30.	16,08	2 59
Suma.....	32,50	7 30
Término medio.....	16,25	3 45

Los resultados medios de estas dos clases de experimentos se diferencian muy poco en la apariencia, y su semejanza misma es la que prueba que la nueva

caldera es mejor para economizar el combustible que la antigua.

Comparando el resultado de los experimentos hechos con la misma caldera, pero con diferentes porciones de agua, se hallará que ha sido tanto menor el consumo de combustible, quanto mayor fue la cantidad de agua. En el experimento núm. 23, donde no se echáron mas que 166,37 libras de agua, el resultado ha indicado que 16,68 libras de agua al temple del yelo se pueden llevar al estado de hervor con el calor producido por la combustion de 1,31 libra de leña; pero en el experimento núm. 26 hecho con la misma caldera, donde se ha echado quatro veces mas agua, es decir, 665,48 libras, ha sido el resultado que 24,9 libras de agua al temple del yelo han hervido con la combustion de 1,31 de leña.

Como en la serie primera de los experimentos que comparamos la cantidad de agua 16385,48 libras era mucho mayor que la de la segunda serie, 10659,36 libras, es evidente que si el mecanismo del hogar y el arreglo de la lumbre hubieran sido perfectos en ambos casos, se hubiera economizado mas combustible quando se empleó mas agua, es decir, en la primera serie de experimentos; pero como el resultado ha sido diverso, es cierto que la caldera que sirvió para la segunda es mejor para economizar el combustible que la del primer experimento.

Pero no tenemos necesidad de ir tan lejos para adquirir pruebas de este hecho. El resultado del experimento núm. 31 es suficiente para disipar todas las dudas que haya en este particular. En este primer experimento, en que la cantidad de agua (aunque mucho me-

nos considerable que la que se gastó en la primera serie de los experimentos, ha ascendido de 10659,36 á 14922,68 libras, se economizó el combustible de modo que prueba decididamente la superioridad de la nueva caldera.

	Cantidad de agua fría que se hizo hervir con 1,31 libra de combustible.	Tiempo necesario para hacer hervir el yelo con arreglo al resultado del experimento.
<i>Resultados ciertos.</i>		
Los del experimento núm. 31 fueron los siguientes....	libras. 18,11	3 h. 37 m.
El término medio de los experimentos núms. 27 y 28.....	16,21	4 20

La diferencia del consumo de combustible en ambos experimentos hechos con estas dos calderas es bastante considerable: pasa de un 14 por 100, y hubiera sido mayor si se hubiera dexado mas tiempo para calentar el agua en el experimento hecho con la nueva caldera, porque es fácil de probar (como se ha indicado claramente en estos experimentos) que haciendo hervir los líquidos, la cantidad de combustible empleado será tanto menor, siendo todo igual, quanto mas tiempo hiervan. Se puede pues asegurar que la economía del combustible que proviene del mayor espacio de tiempo será tanto mayor quanto mas perfecta sea la construcción del hogar, y mas efi-

caces los medios empleados para que no se disipe el calor.

Aunque los resultados generales de ambas clases de experimentos me hubieran dado razones suficientes para deducir que las reformas adoptadas en la disposicion de la nueva caldera eran realmente ventajosas; sin embargo, quando comparaba la cantidad de combustible consumido en los experimentos hechos en ella con las cantidades mucho menos considerables (guardada proporcion entre el volúmen de agua) empleadas en mis experimentos anteriores con las calderas de las cocinas, tardé algun tiempo en comprehender la causa de esta diferencia. En todos mis experimentos con vasos de diversas dimensiones, desde la cazuela mas pequeña hasta la caldera mayor de la cocina, habia observado constantemente, que quanto mayor era la cantidad de agua que se queria calentar, menos leña era necesaria, siendo todo lo demas igual; y esta preocupacion me habia alucinado tanto, que por mas fuertes motivos que hubiese de dudar, cuidaba muy poco de ellos; hasta que despues de haber hecho una multitud de supuestos para darme á mí mismo la razon de lo que observaba, y cuya causa no podia encontrar, me vi obligado á abandonar mi opinion antigua, y convencido de que lo que miraba como una ley general de la naturaleza, no lo era verdaderamente sino en ciertos casos. Porque aunque quando se quiera calentar líquidos, es mas ventajoso con respecto á la economía del combustible calentar mas bien una porcion grande, no obstante elevada á cierta proporcion la cantidad del líquido que se debe calentar, cesa esta ventaja, y se hace entonces un gasto de

combustible proporcionalmente mayor que quando es menos considerable la cantidad del líquido.

No pretendo haber determinado qual es el grandor exácto que debe tener una caldera para lograr el máximo de la economía de combustible. Tengo no obstante motivo para creer que no debería exceder de las proporciones de algunas calderas de la cocina de que yo me he valido en mis experimentos. Pero me acuerdo que he prometido no manifestar mi opinion antes de haber dado las razones en que se apoya. Son estas.

En un experimento de que he dado ya cuenta (número 3) 10,39 libras de agua al temperamento de los 58° se hiciéron hervir en una cazuela hecha segun los mejores principios, y en un hogar cerrado, y fue necesario para ello 1,31 libra de leña. El resultado cierto del experimento da pues 8,75 libras de agua al temple del yelo llevadas al estado de hervor con 1,31 de combustible.

En otro experimento (núm. 12) hecho con una de las calderas pequeñas que tiene la Academia militar, y establecida por los mismos principios 57,15 libras de agua fria al temperamento de 60° , se hiciéron hervir con 3,93 libras de leña, que viene á hacer 15,62 libras de yelo hechas hervir con 1,31 libra de combustible.

En el experimento (núm. 20) que se hizo con una caldera mayor, propia de la misma cocina, y cuyo aparato era el mismo, 244,97 libras de agua al temperamento de 58° , se han elevado al estado de hervor con la combustion de 10,48 libras de leña, que viene á ser 26,33 libras de agua por cada 1,31 de libra

de leña. No me ha sido posible ahorrar mas combustible.

En el experimento (núm. 26) se usó de una caldera que yo hice construir con solo el objeto de determinar hasta donde se podría economizar el combustible en las operaciones ordinarias de la cocina: esta caldera se colocó con el mayor cuidado con arreglo á los principios nuevos. Como entonces estaba persuadido de que era menester una caldera grande para economizar el combustible, esta contenia 424 azumbres. En el experimento de que se trata se echáron 665,48 libras de agua al temperamento de 48° . Para hacer hervir esta agua se gastáron 31,44 libras de leña, lo que viene á ser 24,8 libras de agua al temple del yelo hecha hervir con 1,31 libra de combustible; de donde resulta que fue mayor en este experimento el consumo de combustible que en los anteriores.

Finalmente, en el experimento (núm. 31), donde se calentáron 14,892 libras de agua en la nueva caldera de la fábrica, se consumiéron 841,5 libras de leña; y como el temperamento del agua era al principio del experimento de $65\frac{1}{2}^{\circ}$, hace por resultado líquido del experimento que 19,11 libras de agua al temple del yelo se hacen hervir con 1,31 libra de combustible.

Como las cantidades relativas de combustible empleado en estos experimentos estan en razon inversa de las cantidades de agua al temple del yelo, que segun el resultado de cada experimento se hubieran podido poner otra vez á los 18° , ó hecho hervir baxo la presion media de la atmósfera al nivel del mar con el calor producido con 1,31 libra de combustible, es

evidente que estas cantidades indican exáctísimamente hasta qué grado se puede economizar el combustible en cada uno de los experimentos. Se puede pues determinar brevemente la economía del combustible para calentar los líquidos, segun las cantidades relativas de estos mismos, con arreglo al resultado de los experimentos, considerando la tabla siguiente.

	Cantidad de agua calentada en el expe- rimento en libras cas- tellanas.	Términos á que llegó la economía del com- bustible.
Experimentos. N.º 1	10,38	8,75
N.º 2	57,15	15,62
N.º 16	285,97	26,33
N.º 26	565,48	24,9
N.º 31	14891,48	19,11

Antes de dexas este asunto observaré que la causa de las apariencias observadas en los experimentos puede en mi concepto atribuirse á la propiedad de la llama, que la constituye un no-conductor de calor; porque si las diversas partículas de la llama no comunican su calor mas que á los cuerpos con quienes estan actualmente en contacto, la cantidad de calor que se desprende de ella no es en proporcion de su volumen, ni por consiguiente de la cantidad de combustible gastado, sino en proporcion de su superficie. Como la superficie de la llama en los hogares de una mis-

ma figura es proporcionalmente mas grande en los pequeños que en los grandes ; las superficies de cuerpos semejantes son como los quadrados de sus lados homólogos , y su volúmen como el cubo de estos mismos: de esto resulta que se debe comunicar á la caldera proporcionalmente menos calor , con respecto á la cantidad que puede producir el combustible quando esta y su hogar tienen grandes dimensiones , que quando las tienen mas pequeñas.

Hay sin embargo otras circunstancias , que es menester no olvidar quando se quieren determinar los efectos de las proporciones de los aparatos necesarios para hacer hervir los líquidos : una de ellas de la mayor influencia es el calor absorbido por el material del fogon , cuya pérdida será tanto menor quanto mayor sea este ; pero es difícil determinar el punto en que la economía de uno se pueda recompensar con la pérdida del otro , y donde el aumento ó la disminucion del aparato causase una pérdida real de calor. Pero con tal que se cuide del modo de manejar el fuego, y que el combustible produzca la mayor porcion de calor posible , lo que mejor se puede lograr en los hogares grandes que en los chicos ; como la parte de calor que se evapora en humo es realmente perdida, un termómetro puesto en la chimenea podria indicar con cierta exáctitud la perfeccion ó los defectos del hogar.

Es bien sabido que el humo que se eleva de las chimeneas de hogares cerrados, hechos para calderas grandes, es mucho mas cálido que el que se escapa de los hogares mas pequeños , y me sorprendí de que este hecho, que no me era desconocido, no me hubiese in-

ducido á sospechar que la pérdida del combustible era proporcionalmente mayor en los hogares grandes que en los pequeños.

Ademas de los experimentos referidos se hicieron otros muchos con la nueva caldera de la fábrica en otros quatro dias seguidos en el trabajo ordinario del establecimiento , y se vió que se habia gastado menos combustible en estos Ensayos que el que se gastaba para hacer cerveza en la misma porcion en la otra fábrica que reformé anteriormente. Pero aunque la alteracion en la hechura, del menor grueso del metal &c., que habia adoptado al hacer construir la nueva caldera , como tambien el modo de colocarlas, hubieran producido una economía grande de combustible ; sin embargo , no ahorra un tiempo proporcionado para hacer hervir el agua. Me habia lisonjeado de que haciendo la caldera muy delgada y poco honda, coceria el agua que se echase en ella con mucha prontitud , pero no habia considerado quanto tiempo era menester para consumir el combustible suficiente para calentar tan grande porcion de agua ; porque mi conjetura hubiera sido menos positiva. Como la cantidad de calor producida en tiempo determinado está en la misma razon que el combustible consumido , y esta depende en mucha parte de las dimensiones del hogar , quando se quiere calentar una porcion grande de agua ó de qualquier otro líquido en poco tiempo, debe ser el hogar muy grande , ó en mi concepto seria mejor que hubiese baxo la caldera dos ó tres hogares separados , y que esta fuese ancha y poco profunda , para que se pudieran hacer muchos conductos destinados á recibir diversos fuegos , y la llama y el

humor circulasen separadamente por debaxo del fondo de la caldera.

La combustion de leña ó de otras substancias inflamables , y por consiguiente la generacion y la comunicacion del calor se pueden acelerar considerablemente en el mismo hogar , facilitando lo que se llama vulgarmente la atraccion , lo que se puede hacer aumentando la altura de la chimenea , ó ensanchando el paso que comunica con su cañon , y dexando abierta la válvula quando es muy estrecho este paso, ó finalmente disminuyendo la longitud de los conductos horizontales.

Como el fabricante de la cerveza parecia desear que se hallase algun medio de hacer hervir el agua lo mas pronto posible en la caldera nueva, hice una reforma en el hogar, que me salió perfectamente.

Pero ademas de querer servir al fabricante , que no tenia otro objeto que el de acabar su trabajo lo mas pronto que pudiese , yo tenia otra mira mucho mas importante. Tuve motivo para sospechar que los conductos que daban vuelta al rededor de las calderas grandes , no servian para otra cosa que para impedir se escapase el calor por los lados, lo qual se podia evitar por otros medios sin tanto aparato : deseaba conocer por un experimento decisivo la ventaja real de estos conductos , ó del combustible que ahorran. Como estaba persuadido de que suprimiendo el conducto que rodeaba la nueva caldera aumentaria la atraccion hácia fuera del hogar , y aceleraria la combustion de la leña , inferí que si era fundada mi opinion sobre la pequeña utilidad que se podia lograr de estos conductos laterales , el aumento del calor que

proviene de la aceleracion de la combustion ocasionada por el aumento de dicha atraccion que se conseguiria suprimiéndolos ó cerrándolos, recompensaria sobradamente la pérdida de estas ventajas, y que el tiempo necesario para calentar el agua seria verdaderamente mucho menor que lo que era anteriormente.

El experimento siguiente demostrará los fundamentos de mi presuncion.

Experimento núm. 32.

Habiéndose cerrado el conducto que rodeaba la nueva caldera, establecí dos tubos (*a* y *b* fig. 21.^a) al extremo de estos conductos exteriores, y de los que pasaban por baxo de la caldera: estos tubos, provistos de válvulas tenian por objeto hacer pasar directamente el humo desde baxo de la caldera hasta la chimenea. El experimento núm. 31, que se hizo con la misma caldera antes de estar cerrados los conductos laterales, se repitió con el mayor cuidado para determinar el efecto que podia producir la supresion de estos conductos. La cantidad de agua en la caldera y su temperamento al principio eran los mismos: la leña que se usó fue tomada de la misma leñera; y se introduxo en el hogar una misma cantidad, y con los mismos intervalos; en una palabra, todas las circunstancias eran las mismas en ambos experimentos, á excepcion de las reformas hechas en el hogar. Como la longitud de los tubos por donde tenian precision de pasar la llama y el humo para salir á la chimenea se habian disminuido una mitad, ó reducido de 77 pies, 4 pulgadas, 5,8 líneas á 32 pies, 10 pulgadas y 3 líneas, la fuerza de la atrac-

cion se habia hecho mucho mayor ; lo que se conoció no solo por la actividad duplicada con que se consumió la leña , sino tambien por otra circunstancia que creo debo referir. Antes de cerrar el conducto que rodeaba á la caldera , si se echaba mucho combustible en el hogar , ademas de no arder con viveza , salian algunas veces el humo y la llama por la puerta del hogar , aunque estuviese levantada la válvula de la chimenea ; pero así que se cerró , no era casi posible echar mas leña , y el combustible ardia con la mayor actividad.

Debo informar al lector que aunque la entrada del conducto que rodeaba el exterior de la chimenea estuviese cerrado , y que se hubiese hecho un camino mas corto para que el humo pasase á ella , no obstante , se conservó intacta la cavidad del conducto , y por medio de los agujeros (*c. c. c. c. c. fig. 21.^a lámina 5.^a*) de casi 6 pulgadas , 11,8 líneas en cuadro , hechos en lo macizo de la obra que separaba este antiguo conducto cerrado de los que estaban baxo de la caldera , la llama podia pasar á esta cavidad , y abrazar el exterior de la caldera. Esta invencion , que yo quisiera que se adoptase para todas las calderas , estorba que el calor del líquido contenido en ellas se escape por sus lados , y contribuye algo á calentarlo ; y como los agujeros no precaven sensiblemente el movimiento de la llama , no pueden causar daño alguno á la operacion.

Como los dos experimentos cuyos resultados voy á comparar , se han hecho con el mayor cuidado , y como son tan interesantes por muchos respectos , los colocaré con toda claridad.

Tabla comparativa de los dos experimentos hechos con la caldera nueva de la fábrica de cerveza.

Se ha contado el tiempo desde el principio de cada uno de los experimentos, y fue en ambos el mismo.

Cantidad de agua en la caldera 14841,48 libras castellanas.

Tiempo desde el principio del experimento.		Combustible puesto en el hogar.		Calor del agua en la caldera.	
		Número de los baces.	Su peso.	Experimento num. 31: conductos abiertos.	Experimento num. 32: conductos cerrados.
Horas.	Minutos.	Números.	Libras.	Grados.	Grados.
		80	131	65½	65½
	16	40	65,5	79	82
	30	40	id.	90	94
	53	40	id.	107	110
1	6	40	id.	118	122
1	23	40	id.	130	135
1	37	40	id.	140	147
1	54	40	id.	155	160
2	9	40	id.	165	171
2	24	40	id.	175	182
2	39	40	id.	182	191
2	54	40	id.	200	0
2	59	0	0	0	0
3	7	0	0	0	hirviendo
				hirviendo	

El resultado de estos experimentos me manifestaba que no habia perdido nada con respecto á la economía del combustible cerrando el conducto exterior de la caldera: deseaba despues determinar quanto tiempo habia ganado, ó quanto la atraccion del hogar

relativamente á la disminucion de la longitud de los conductos podia abreviar el tiempo necesario para hacer hervir el líquido contenido en la caldera quando se juzgase á propósito abreviar esta operacion á costa de un pequeño suplemento de combustible.

Por el experimento siguiente, en que la combustion fue tan rápida como era posible, teniendo siempre el hogar lleno de leña, y cuidando de abrir al mismo tiempo el registro del cenicero y la válvula del cañon de la chimenea, se verá hasta qué punto he conseguido mis intenciones.

Experimento núm. 33.

Contenia la caldera 14841,48 libras de agua al temperamento de 47°. El combustible era abeto medianamente seco, puesto en haces de 3 pies, 10 pulgadas y 6,6 líneas de longitud, y repartidos en porciones de 1,31 libra, para que fuese mas rápida la combustion.

Se hizo el experimento el dia 29 de Noviembre de 96: el barómetro estaba á la altura de 31 pulgadas y 1,8 líneas, y el termómetro de Fahrenheit á 33°.

Tiempo.		Combustible puesto en el hogar.	Temperamento del agua en el cobre.
H.	Min.	Libras.	Grados.
2	0	131	47
	14	id.	58
	34	id.	88
	51	id.	100
3	9	id.	123
	25	id.	144
	39	id.	151
4			0
	10	0	200
	17	0	hirviendo
Tiempo empleado 2 17		Leña consumida 1,048	

En el experimento núm. 32 la misma cantidad de agua al temperamento de $65\frac{1}{2}^{\circ}$ se hicieron hervir á las 2 horas y 59 minutos, consumiendo 818,7 libras de la misma clase de leña. Si hubiera estado el agua tan fria como en el experimento núm. 33, que estuvo al temperamento de 47° , en lugar de 818,7 libras de combustible hubieran sido necesarias 923,5, y esta operacion en vez de durar 2 horas y 59 minutos, hubiera durado 3 y 22.

De lo que se puede inferir que para abreviar el tiempo necesario para la ebullicion de 14841,48 libras de agua, que es el de 3 h. y 22 min. , y reducirle á 1 h. y 5 min. , no se puede hacer sino con 124,4 libras mas de combustible de leña de abeto , ó que para acortar una tercera parte el tiempo necesario para hacerla hervir , es preciso añadir casi una octava parte de combustible.

En algunos casos será mas útil ahorrar tiempo : en otros economizar combustible ; y siempre es bueno que se pueda conseguir uno ú otro segun las circunstancias.

Comparando las cantidades de combustible consumidas, y por consiguiente el calor producido en el mismo tiempo con las cantidades de calor verdaderamente comunicadas al agua en los experimentos números 32 y 33 durante este tiempo , se puede formar una idea de la gran porcion de calor que puede quedar en la llama y en el humo , despues que han atravesado cierto espacio por los conductos colocados baxo la superficie delgadísima del fondo de la caldera que contiene el agua fria ; y esto manifiesta con qué dificultad se despojan estos vapores caldeados de su calor , y quanto importa saber este hecho para que produzcan su efecto las medidas que se dirigen á economizar el combustible.

Me he dedicado mas particularmente á dar cuenta de estos experimentos hechos con calderas grandes, porque juzgo que no se ha hecho hasta el presente ningun experimento de este género en grandes proporciones ; y como se han executado todas con cuidado, sus resultados tienen un mérito verdadero fuera de los

usos particulares para que les he destinado.

Como es probable que estos Ensayos se lean mas frecüentemente en países en que se usa mucho del carbon de tierra, será bueno que el lector conozca las cantidades relativas del calor que pueden producir el carbon ó la leña, para que pueda comparar el resultado de los experimentos que se hagan con carbon con los que he referido, ó para determinar la cantidad necesaria de carbon para una operacion qualquiera que se puede executar con una cantidad de leña determinada.

Habia pensado en hacer una porcion de experimentos para determinar las cantidades relativas de calor producidas por diversas especies de combustible, y ya tenia hechos los preparativos para empezarlos; pero aun no he tenido tiempo para dedicarme á este punto.

A uno de mis amigos (M. Kirvan) debo la razon mas completa que he podido adquirir sobre esta materia. En esta razon, que me asegura estar fundada sobre experimentos hechos por Mr. Lavoisier, parece que iguales cantidades de agua con superficies iguales se pueden reducir á vapor: por consiguiente, que iguales cantidades de calor son producidas por las siguientes proporciones de combustible.

Por 527,93 libras de coak (1)

786 de carbon de tierra.

786 de carbon de leña.

1426 de leña de encina.

Quisiera poder copiar aquí las ingeniosas é intere-

1) Especie de carbon de piedra.

santes observaciones que acompañan á estas valuaciones relativas ; pero como hacen parte de una obra que se está imprimiendo , no quiero privar á Mr. Kirvan del placer de presentarlas al público.

Segun esta valuacion , parece que la combustion de 1426 libras de encina produce tanto calor como la de 786 de carbon de tierra. Suponiendo que la leña de abeto , de que me he servido en estos experimentos , puede producir tanto calor por libra como la encina (y tengo motivo para creer que no da nada menos) , será fácil determinar quanto carbon hubiera sido necesario para dar la misma cantidad de calor , valiéndose de la cantidad de leña de abeto que ha servido para mis experimentos ; porque el peso del carbon necesario para ello es al peso de la leña realmente consumida como 786 libras á 1426.

En uno de mis experimentos (núm. 31) 14,992 libras de agua al temperamento de $65^{\circ}\frac{1}{2}$ se han elevado al estado de hervor con 851,5 libras de leña de abeto. Como quando se hizo el experimento estaba el mercurio en el barómetro á la altura de 26 pulgadas , el temperamento del agua hecha hervir no pasó de $209^{\circ}\frac{1}{2}$: por consiguiente su temperamento no ha pasado de $209^{\circ}\frac{1}{2}$ menos $65^{\circ}\frac{1}{2}$ igual 144° .

Si se hubiese hecho hervir esta agua en Londres ó en qualquier otro pueblo al nivel del mar , se la hubiera debido calentar hasta los 212° para que hirviese : por consiguiente se hubiera elevado su temperamento á los $146^{\circ}\frac{1}{2}$; y para conseguirlo en vez de 851,5 libras de leña hubieran sido necesarias 866,5 ; porque 144° son á $146^{\circ}\frac{1}{2}$ como 851,5 á 866,5.

Si se hubiera echado carbon de tierra en lugar de

leña, hubieran bastado 476,2 libras de este combustible; porque estando las cantidades de diferentes especies de combustible necesarias para producir el mismo efecto calorífico en razon inversa de las cantidades de calor que pueden producir porciones iguales de diversos combustibles, ó en razon directa de las cantidades de la especie de combustible de quien se quiere que produzca el mismo calor, se tendrá la proporcion siguiente 1426,5 es á 786 como 866,5 libras de leña á 476,2 de carbon, suponiéndose exâcta la valuacion precedente.

Dexo á los que hagan experimentos de este género la determinacion de si una cantidad tan pequeña de carbon puede hacer hervir una masa tan grande de agua 6724 azumbres, comenzando desde su temperamento de $65\frac{1}{2}^{\circ}$.

Aparece por el resultado del experimento núm. 20, que 26,3 libras de agua al temple del yelo se pudieran calentar hasta 180° , ó hacer hervir baxo la presion media de la atmósfera al nivel del Océano con el calor producido por la combustion de 1,31 libra de abeto. Partiendo desde el resultado de este experimento, y de las cantidades relativas de calor que pueden producir la leña de abeto ó el carbon de tierra, parece que el calor producido por la combustion de 1,31 libra de carbon de tierra haria hervir 47,5 de agua al temple del yelo.

De donde resulta que el carbon de tierra debería llevar desde el temperamento del yelo hasta el de hervor una porcion de agua treinta y seis veces mayor que su propio peso; y los experimentos hechos por Mr. Watt con el mayor cuidado han demostrado

que para reducir á vapor el agua que ya está hirviendo no se necesita mas que cinco veces y un quarto de mas calor que se necesita para hacer hervir el agua al temple del yelo. Segun este aprecio, el calor producido por la combustion de 1,31 de carbon bastaria para reducir á vapor 9,1 libras de agua hirviendo.

No sé hasta que punto dicen conformidad estas valuaciones con los experimentos hechos en alambiques, ó en otras máquinas propias para reducir los líquidos á vapores. Pero se debe presumir que el consumo del combustible empleado en estas máquinas es mucho mayor que el que debiera ser, ó que el que seria si las calderas y los hogares estuviesen contruidos con arreglo á los mejores principios, y se conservase el fuego con mas cuidado.

Quando se piensa en perfeccionar alguna cosa es siempre muy conveniente saber quales son los progresos que se han hecho en ella, para que se pueda juzgar de lo que se ha adelantado, y lo que falta aun para conseguir el fin que se desea: se valua fácilmente la obra hecha; pero es mas difícil valuar la carrera que aun no se ha andado.

Pueden valuar los progresos que yo he hecho en mis trabajos para perfeccionar los hogares con el objeto de economizar el combustible por el resultado de los experimentos que he referido; pero seria mas agradable sin duda saber hasta donde se pudiera llevar la economía del combustible absolutamente hablando.

En el quarto experimento 10,3 libras de agua al temperamento de 58° se hiciéron hervir en Munich con 7,8 libras de leña. Si por el resultado de es-

te experimento se computa la cantidad de agua al temple del yelo que se podria calentar hasta 180° , ó hervir con el calor producido por 1,31 libra de combustible, se verá que no es mas que 1,11.

Segun lo que resulta del experimento núm. 20 parece que 26,3 libras del agua al temple del yelo se hubieran podido hacer hervir con el calor producido por la combustion de 1,31 de leña de pino.

Se infiere de aquí que se ha consumido diez veces mas combustible, con respecto á la cantidad de agua calentada en el experimento núm. 4 que en el número 20, y se puede concluir de esto con toda certidumbre que del calor producido, ó que hubiera podido producirse con precauciones convenientes por la combustion de la leña gastada en el experimento 4, se empleó menos de la 18.^a parte en calentar el agua, y las $\frac{17}{18}$ restantes se han perdido ó dispersado absolutamente.

He dicho como opinion mia al principio de este Ensayo, que las *siete octavas* partes del calor producido, ó que hubiera podido resultar por el consumo del combustible, tomando las precauciones debidas, se escapaban á la atmósfera reducidas en humo, y se perdian absolutamente. Ahora podrá juzgar el lector si está fundada esta opinion.

Pero aunque se haya demostrado indudablemente que se calentó el agua en el experimento núm. 20 con la $\frac{1}{18}$ parte de combustible que se habia gastado en el núm. 4; sin embargo, ninguno de estos experimentos ni ninguna de las consecuencias que se pudieran sa-

car de sus resultados nos pueden dar á conocer la pérdida del calor, ó quanto combustible se economizaria si no se perdiese nada de él. Los experimentos demuestran que la pérdida de este ha sido diez y ocho veces mayor en uno que en otro; pero no nos dan datos suficientes para formar conjeturas sobre la cantidad de calor perdida en el último experimento en que se ha economizado el combustible todo lo que se puede, ni sobre si es ó no posible construir hogares mas perfectos. Voy pues, sirviéndome del trabajo de otros, y comparando el resultado de varios experimentos hechos por fisicos hábiles con los mios, á procurar ilustrar algun tanto un asunto tan difícil de penetrar.

El Doctor Crawford ha encontrado por un experimento hecho con tanto cuidado como habilidad, que el calor producido por la combustion de 31,8 granos de carbon de tierra elevaba el temperamento de 33,3 libras de agua quando no se podia escapar nada de calor.

Pero si son necesarios 31,8 granos de carbon de tierra para elevar el temperamento de 33,3 de agua un grado $\frac{171}{100}$, serán necesarios 3347,3 granos de car-

bon para elevar el temperamento de la misma cantidad de agua á 180°, ó desde el estado de congelacion al de hervor, porque 1,71 es á 31,8 granos, como 180° son á 3347,3: por consiguiente el calor para la combustion de 1,06 de libra de carbon de tierra bastaria para calentar 61064,4 libras de agua al temple del yelo hasta los 180°, porque 3347,3 granos de carbon de tierra son á 192235,2 granos de agua como

1,06 libra de carbon es á 61064,4 libras de agua.

Resulta de los experimentos de Mr. Lavoisier, que las cantidades de calor producidas por la combustion de pesos iguales de carbon de tierra y de leña de encina son como 1089 á 600, de donde podemos deducir que 1,06 libra de carbon de tierra y 1,9 libra de encina producen cantidades iguales de calor; por consiguiente, que el calor producido por la combustion de 1,9 de libra de encina elevaria 61064,4 libras de yelo al estado de hervor, ó que 1,06 libra de encina haria hervir 33,6 libras de agua al temple del yelo, ó lo que es lo mismo elevaria su temperamento hasta los 180°, *si no se perdiese nada del calor producido por la combustion.*

Suponiendo que las cantidades de calor que pueden producir pesos iguales de leña de encina seca y de abeto sean unas mismas, cuyo supuesto se puede creer que no dista mucho de ser cierto; se puede valuar la pérdida real de calor en cada uno de los experimentos núms. 4 y 20 lo mismo que en los demas casos donde la cantidad de combustible consumido y los efectos producidos por el calor sean conocidos.

Así, por exemplo, en el segundo experimento, como el resultado indicaba que con cierta parte del calor producido por la combustion de 1,06 libra de combustible que penetraba la caldera se podian hacer hervir 21,3 libras de agua al temple del yelo, como aun parece por la valuacion referida, que 44,2 libras de agua al temple del yelo se hubieran podido llevar al estado de hervor con todo el calor producido por la combustion de 1,06 libra de combustible; es evidente que se ha perdido casi una tercera parte del ca-

lor procreado, ó que solo se ha recogido $\frac{2070}{3174}$.

No es ciertamente esta pérdida mayor de la que se debia esperar, si se consideran las causas que se reunen para ocasionarla, y dudo que se pueda economizar mas combustible.

En el experimento número 4 como los efectos del calor que habia penetrado la caldera indicaban que no habia mas que 1,2 de libra de agua al temple del yelo, que se podia hacer hervir con 1,06 libra de combustible, parece que no se ha recogido en este experimento mas que la 28.^a parte del calor producido.

En todos los experimentos hechos en grande con las calderas de la fábrica de cerveza se ha escapado por la chimenea y perdido mas de la mitad del calor producido.

CAPÍTULO VI.

Descripcion de muchas cocinas públicas ó particulares, y de hogares destinados para diferentes usos, que se han construido á presencia del autor en diversos países. De la cocina de la casa de industria en Munich; de la de la Academia militar; de las cocinas dispuestas para el rancho de los militares; de la cocina de un cortijo; de las cocinas que estan en la posada del Jardin ingles en Munich; de las de los hospitales de la Piedad y de la Misericordia en Verona; de una pequeña cocina destinada para servir de modelo en la casa de Sir Juan Sinclair Bart en Londres; de una cocina militar destinada para el uso de las tropas en campaña. De una marmita portátil destinada para las tropas quando marchan; de una caldera grande destinada para servir de modelo á las de los blanqueadores que se ha colocado en la fábrica de lienzos de Dublin. De un fogon destinado para guisar, y tambien para calentar una sala grande, y de un horno permanente para pan, uno y otro colocados en la casa de industria de Dublin; de una cocina de un blanqueador; de un horno de chimenea, y de un modelo de horno para cal construidos en Irlanda en la casa de la Sociedad de Dublin.

MI deseo de dar las instrucciones mas claras sobre los fundamentos de las mejoras que he propuesto, me ha conducido á entrar en muchos detalles sobre todos los experimentos que he hecho, y los resultados ó deducciones prácticas que he sacado de ellos; y como

Estas investigaciones me han conducido muchas veces á observaciones físicas bastante abstractas , que no serian quizá muy interesantes para muchos de mis lectores , á quienes podrá bastar un detalle muy sencillo del modo de construir mis hornos , he creído que seria á propósito dividir mi asunto , y reservar la parte mecánica , ó el tratado de la construccion de los hornos de cocina para un Ensayo separado. Deseando al mismo tiempo satisfacer la curiosidad de aquellos que podrian desear ver algunas de mis cocinas , ó los hornos que he hecho construir , he propuesto la enumeracion siguiente de ellos , indicando sus diferentes ventajas ó inconvenientes. Este detalle , agregado al que he dado ya en los capítulos anteriores de este Ensayo sobre la construccion de los hornos , dará, segun pienso , las instrucciones mas completas que puedan apetecerse sobre esta materia , y pondrá á cada uno en estado de hacer construir los hornos , cuyo uso recomiendo sin necesitar de ningun auxilio extraño.

Los que no tienen tiempo para dedicarse á observaciones é investigaciones instructivas , y que desean por otra parte adoptar estos inventos , hallarán todas las instrucciones posibles en uno de los Ensayos siguientes.

Detalle de la construccion de la cocina de la casa de industria en el estado actual.

La caldera grande circular de cobre que está situada en un quartito inmediato á la cocina , está dispuesta del modo mas ventajoso: su cobertera de madera es poco costosa , muy sencilla y sólida ; y cor-

responde perfectamente á su fin , que es el de confinar el calor. El tubo para los vapores es muy útil, porque dirige hácia fuera todos los que produce el hervor , quita la humedad, y mantiene la atmósfera de la cocina en el estado mas saludable. Para disipar los vapores que se levantan de la sopa al tiempo de repartirla hay una chimenea de madera con un tapon, cuya abertura está situada en la extremidad superior de la cocina. Para evitar la comunicacion del ayre frio por este conducto , la válvula , que se levanta y se cierra por medio de una cuerda engargantada en una garrucha , está constantemente baxa en el invierno, exceptuando el momento en que se dexa salir el vapor.

La única reforma que yo propondria, en caso de reemplazar esta caldera , seria la de que se hiciesen agujeros para limpiar quando fuere menester los tubos conductores del calor sin quitar la caldera. Se deberia tomar esta precaucion al tiempo de construir los hogares de todas las calderas grandes. Los conductos , así como el fondo y costados de todas estas vasijas , exigen mucha limpieza , que deberá hacerse con una escoba cada seis semanas para quitarles el hollin.

Enfrente de esta caldera hay una especie de horno destinado para secar las patatas , que corresponde perfectamente á este intento. Las patatas , un poco cocidas , despues peladas , cortadas en rebanadas , y desecadas en este horno , pueden conservarse por muchos años.

Las ocho calderas de hierro en la cocina grande se han construido conforme á principios exáctos ; y el

horno calentado con el humo de los hogares de dos de estas calderas, y destinado para secar la leña necesaria en la cocina, merece una atencion particular.

Las coberteras de madera de estas ocho calderas, y los tubos horizontales igualmente de madera, forrados en lienzo pintado al óleo, que estan destinados á conducir el vapor fuera de la cocina, corresponden perfectamente á su fin.

Cocina de la Academia militar de Munich.

Esta cocina en su estado actual está construida tan perfectamente en todas sus partes, que no la considero susceptible de ninguna reforma que sea mas ventajosa. El horno para asar, de que se sirven, hace siete años se halla en buen estado, y puede aun durar otros veinte. Es ancho y espacioso, y se ha conocido que es de la mayor utilidad. Aunque las diferentes partes de esta cocina no esten distribuidas con toda la simetría que yo desearia, respecto de ciertas circunstancias locales; con todo, no le falta ninguno de los accesorios útiles; y todos los alimentos pueden muy bien prepararse en ella sin mucho trabajo y con muy poco combustible. Recomendando como modelos dignos de imitarse dos calderas grandes y tres cacerolas que se han establecido en un fagon separado, colocado en un ángulo de la cocina (á la mano derecha conforme se entra). En una palabra, juzgo que nada debe variarse en esta cocina: es verdad que ha sufrido ya un gran número de modificaciones y reparos.

*Cocina de la sala para el rancho de los militares en el
Jardin ingles en Munich.*

Las dependencias de esta cocina no se hallan tan bien distribuidas como las de la anterior. Se construyó en 1790, y no se han hecho despues en ella sino reformas ligeras : hay tres hornos para asar que pueden servir de modelos á las casas particulares, y he tenido la satisfaccion de saber que los han imitado en muchas partes.

Cocina del cortijo en el Jardin ingles.

Esta cocina es muy á propósito para el uso á que se ha destinado, y puedo recomendarla como un modelo muy bueno de cocina para un cortijo, ó para una casa de labor de diez y ocho á veinte personas. Una de las calderas destinadas á calentar el agua necesaria para la cocina y los establos se calienta en el invierno con el humo de una estufa alemana colocada en el gabinete del capataz del cortijo.

Cocina grande de la posada en este Jardin.

Esta cocina, que se halla contigua al cortijo, no tiene, por decirlo así, otro destino que el de servir para asar pollos en asador, comida á que tienen particular aficion los Bávaros. Hay tres hogares descubiertos contruidos segun los principios que he indicado en un Ensayo sobre los hogares de las chimeneas. Hacen frente á diversos costados de la cocina, y tienen

la salida á la misma chimenea, que está colocada casi en medio del cuarto. Esta cocina se ha construido antes que yo hubiese adoptado el uso de los hornos para asar.

Cocinilla de la posada.

Esta nada tiene de particular, ni que merezca imitarse. Al principio solo se destinó para hacer café, té, chocolate &c.

Otra cocina construida segun mis principios en el hospital nuevo de los incurables de *Gasteig* cerca de Munich, es mucho mas interesante, y merece ser imitada.

Cocina del hospital de la Piedad en Verona.

Esta cocina es notable, así por la disposicion mas acomodada á la pieza, como por la perfecta simetría de todas sus partes.

El hogar donde estan colocadas las calderas ocupa el medio de una pieza muy dilatada, bien enlucida, blanqueada, y enlosada con limpieza. Las coberteras de las calderas grandes se levantan por medio de cuerdas que pasan por unas poleas fixas en el techo. Pero si yo pudiese reformar esta cocina, substituiria coberteras de madera con tubos para los vapores, como las que hay en la cocina de la casa de industria de Munich. Quando las coberteras son muy grandes para poderlas levantar fácilmente con la mano deberian ser de madera, y divididas en muchas partes unidas por goznes. Quando estan desconocidas para confinar enteramente el vapor, deberian hacerse de un modo

particular que describiré despues. Las coberteras de las calderas pequeñas y cacerolas deberian siempre ser dobles y de hoja de lata.

Las rejillas en que se enciende el fuego debaxo de las calderas en el hospital de la Piedad son circulares. Pero no son cóncavas, porque al tiempo de la construccion de la cocina no habia yo aun conocido la ventaja de esta hechura. Por la misma razon no hay conductos espirales debaxo de las calderas. Pero á excepcion de esto, esta cocina se acerca á la perfeccion.

*Cocina del hospital de la Misericordia
en Verona.*

Esta cocina está construida segun los mismos principios que la de la Piedad. La única diferencia que hay entre ambas se halla en la distribucion de las calderas. La cocina de la Misericordia tiene sus hogares colocados á los dos lados de la pieza. Este modo de colocar las calderas debe preferirse en muchos casos, cuidando de situar las mayores mas separadas de la chimenea, y las mas pequeñas mas cerca segun el orden de sus dimensiones. Esta precaucion es necesaria para que en el cuerpo de la obra, por la espalda de las calderas pequeñas, se puedan colocar los tubos que conducen los vapores de las calderas grandes á la chimenea.

He tenido presente esta circunstancia al hacer construir últimamente una cocina pequeña en la casa del Sir Juan Sinclair Bart, Presidente del departamento de Agricultura de Londres. Esta cocina que estaba destinada para servir de modelo, y que se ha abierto al

público, no está construida con la perfeccion que yo hubiera deseado. La obra se emprendió durante un viaje que yo habia hecho á Irlanda; y aunque los albañiles eran muy inteligentes por todos respetos, no tenian todavía bastante experiencia en este género de construccion para no incurrir en algunos defectos que mi presencia hubiera podido evitar. Los defectos mas esenciales se han reformado, pero mi detencion en Inglaterra al volver de Irlanda ha sido muy corta para poderla construir de nuevo, lo que hubiera executado si el tiempo me lo hubiese permitido; pero ciertamente se verificará consintiéndolo su dueño, al primer viaje que haga á este pais. El mayor defecto de esta cocina es el de faltar válvulas á los conductos que llevan el humo de los hogares de las calderas á la chimenea. Estas válvulas deberian ser acomodadas á todos los hogares por pequeños que fuesen. Son necesarias para los que sirven á cacerolas pequeñas, y cada caldera grande deberia tener su tubo con válvula. Algunos experimentos que he hecho despues de mi regreso á Baviera me han demostrado la utilidad de estos registros, y creo deber recomendar el uso general de ellos. El aprecio lisonjero que el público ha dado á todos los inventos que he propuesto exige no solo mi reconocimiento, sino que tambien me anima á merecer con nuevos esfuerzos la confianza con que ha querido honrarme en muchas ocasiones.

Pero volviendo á la cocina de Sir Juan Sinclair (casa donde se celebran las juntas del departamento de Agricultura, y en donde, como es razon, hay freqüentemente un concurso de personas instruidas, y llenas de zelo para hacer adoptar los nuevos inven-

tos), como la pieza es muy pequeña, no ha habido mas lugar que para colocar en ella algunas calderas y cacerolas, y un horno para asar, de un tamaño mediano, para el uso de una familia poco numerosa: este horno es tan útil, que espero que se adopte generalmente su uso. Es difícil de concebir quanta leña se economiza con él, y quan poco se disipa la comida.

Uno de estos hornos para asar, por tener grandes dimensiones, se ha colocado en la cocina del hospital de los expósitos de Londres; y aunque mi detencion en Inglaterra no ha sido bastante para verlo establecido, he sabido despues de mi vuelta á Munich, por Mr. Bernard, Tesorero del hospital, que este horno habia excedido sus esperanzas. Me ha escrito que haciendo asar de una vez 112 libras de carne, el gasto del combustible no ascendió á 52 mrs., y esto aun contando el carbon al precio excesivo de 6 rs. vn.

He hecho el experimento de hacer asar de una vez seis trozos gruesos de ternera, que todos juntos pesaban 131 libras, en el horno de la Academia militar de Munich. Se han consumido en esta operacion 42½ libras de leña de abeto seco.

Este experimento se hizo en 1792. Manifesté el resultado en Londres en 95 á una sociedad numerosa; y conocí claramente en el semblante de los que me oian quantos inconvenientes hay en anunciar hechos extraordinarios. Tuve mucha mas circunspeccion con este motivo; y no hubiera publicado estos detalles si ya no hubiera dado á conocer al público el resultado de muchos experimentos de este género, hechos en el horno de asar del hospital de los expósitos.

No solamente el horno para asar, sino tambien

las calderas que se han colocado segun mis principios en este hospital han correspondido á su fin; y sé con gusto que se ocupan en imitar estos inventos en otros muchos hospitales. Como salí de Londres antes que se hubiese concluido del todo la cocina del hospital de los expósitos, no sé si hay válvulas en los tubos que conducen el humo del hogar de las calderas y el del horno á la chimenea: si no las tiene, desearia que se las pusiesen; y encargo cuidadosamente á los que hacen construir cocinas segun mis principios, que no desprecien jamas este accesorio.

Han intentado servirse en el hospital de los expósitos de rejillas ovaladas hechas de hierro colado en forma de crisol, semejantes á las que he descrito en el capítulo anterior; pero el calor del hogar era tan violento, que bien pronto se han derretido, y se han visto obligados á recurrir á las rejillas planas compuestas de barras fuertes de hierro colado. Es probable que el calor producido por la combustion del carbon de tierra es tan violento, quando está perfectamente confinado, como deberia siempre estar en los hogares cerrados, que no será posible, quando se queme carbon de tierra, servirse de estas rejillas cóncavas, cuyo uso he hecho adoptar en las cocinas públicas de Munich.

Desde mi regreso á Baviera he hecho muchos experimentos con rejillas hechas de ladrillos colocados de canto, y he visto que eran tan buenas como las de hierro. Haciendo ladrillos destinados para este uso, de la forma y dimensiones convenientes, cuidando de elegir la mejor tierra arcillosa mezclada con crisoles viejos molidos groseramente, pudieran construirse hoga-

res de cocina poco costosos , de mucha duracion , y tan perfectos por todos respetos , como los que se hacen de los materiales mas costosos.

Para disminuir todavía el gasto que ocasionaria la construccion de estos hogares de cocina cerrados destinados para el uso de las familias poco acomodadas, podrá cerrarse con un ladrillo ó con una piedra arcillosa el agujero por donde se introduce el combustible. Otro ladrillo ó piedra podrá servir al mismo tiempo como de registro ó puerta del cenicero ; y otro servirá á manera de válvula en el tubo destinado para conducir el humo del fogn á la chimenea.

Ultimamente , he tenido la ocasion de hacer establecer una cocina de esta clase , en la que no se habia empleado ninguna especie de hierro para su construccion. El ejército frances, baxo las órdenes del General Moureau , se habia acercado á Munich en el mes de Agosto de 1796. Las tropas Bávaras reunidas en gran número en la capital, cuyo mando se me habia confiado , se viéron obligadas á alojarse en los edificios públicos , ó de acamparse sobre los terraplenes, en donde no tenian ningun medio cómodo para preparar sus alimentos. Para proporcionarlas esta ventaja hice fabricar quatro calderas grandes oblongas, de cobre muy delgado y bien estañado, y las coloqué en una obra de ladrillos puestos en cruz : cada caldera tenia un fogn particular , cuyos tubos dobles, provistos de registros , comunicaban á una chimenea comun que ocupaba el centro de la cruz. Estos registros eran de tejas delgadas : las rejillas sobre las que se quemaban los combustibles eran de ladrillos colocados de canto , y las aberturas del hogar y del cenice-

ro se cerraban con ladrillos que ajustaban en un rebaxo.

Habia debaxo del fondo chato de cada caldera tres tubos en la direccion de su longitud: el del medio, tan ancho como los otros dos juntos, servia para el combustible. La abertura por donde se introducía la leña estaba en la extremidad de la caldera mas distante de la chimenea: la llama, corriendo el canal del medio hasta su extremidad, se dividía y entraba en los canales laterales para volver á la otra extremidad de la caldera, desde donde se comunicaba á los dos tubos, y pasaba á la chimenea despues de haber recorrido los costados de la vasija. Las calderas tenian coberteras de madera hechas de dos piezas unidas con goznes. Para que estas quatro calderas pudiesen transportarse fácilmente de un campo á otro, se las habia dado las dimensiones necesarias para meter la una en la otra. La mayor, que contenia las otras tres, estaba encaxada en un cofre grande de madera del tamaño conveniente: en la caldera mas pequeña se enfardaba una tienda destinada para cubrirlas todas. En medio de esta tienda se habia hecho un agujero destinado para el paso de la chimenea. Las quatro calderas, la tienda y todos los utensilios necesarios para preparar los alimentos destinados á un regimiento de mil hombres pueden trasportarse fácilmente sobre un carro á la irlandesa, tirado por un solo caballo.

He hablado largamente sobre la construccion de esta cocina, porque la creo muy útil para las tropas acampadas. Mr. Tomas Pelham, Coronel de la milicia del Condado de Surrey, hizo el ensayo de ella en el verano último para su regimiento, y quedó muy

satisfecho. La economía del combustible fue muy considerable , como la del tiempo necesario para hacer cocer los alimentos. El primer experimento de este género se hizo sobre una caldera sola colocada al aire libre en el patio de la casa de Mr. Pelham en Londres.

Deberia haber reservado lo que acabo de decir sobre las cocinas militares para uno de los Ensayos siguientes, en donde hubiera tenido su lugar esta descripción ; pero como estoy persuadido que pueden sacarse de ellas grandes ventajas, no he querido diferir por mas tiempo el recomendarlas á los que pueden hacer adoptar su uso.

Los que desearan tener instrucciones mas circunstanciadas podrán conseguirlas fácilmente , ó ya del mismo Mr. Pelham, ó de algunos de los oficiales de la milicia de Surrey que han estado acampados en el verano último.

Hay todavía otra invencion para los exércitos en campaña, cuyo uso quisiera recomendar : es la de una caldera portátil, ligera y poco costosa, en la qual se pueden hacer cocer los alimentos durante la misma marcha. Hay tantas ocasiones en que se desearia poder proporcionar alimentos calientes á los soldados fatigados con un servicio penoso, y en que es sin embargo imposible encender fuego, y hacer hervir las marmitas, que juzgo que la adopcion de una que se pueda llevar con la tropa al mismo tiempo que se cuezan en ella los alimentos, será agradable á todo General prudente y sabio, y á todo oficial que tenga sentimientos de humanidad. A la verdad, algunas batallas se han perdido por no haberse podido propor-

cionar á las tropas cansadas y extenuadas una buena comida compuesta de alimentos calientes y vivificantes.

Pero vuelvo á mi objeto. La hechura de las dos calderas principales de la cocina de los expósitos es la de un cuadrilongo. He adoptado esta forma en diferentes hogares que propuse como modelos en Irlanda durante el viage que hice allí en la última primavera á solicitud del Secretario de Estado Mr. Pelham; porque hallo en ella muchas ventajas, entre otras, la de poder colocar las calderas sobre un macizo de ladrillos cuadrados, y limpiar con facilidad los conductos.

La primera caldera oblonga que he hecho construir en Dublin es la que está colocada en la fábrica grande de lienzos para servir de modelo á los blanqueadores: tiene ocho pies de ancho, diez de largo y dos de profundidad; una cobertera de madera, que encaxándose en un rebaxo en donde hay una pequeña porcion de agua, tiene la propiedad de retener por este medio el vapor que podria salirse de la caldera. Esta cobertera gira sobre unos goznes colocados á la extremidad de la caldera mas distante del hogar, y puede levantarse parcialmente por medio de una cuerda que pasa por una garrucha fija en el techo del lugar destinado para blanquear. Debaxo de esta caldera hay cinco tubos en la direccion de su longitud: estan dispuestos del mismo modo que los de la caldera nueva de la fábrica de cerveza que he hecho colocar en Munich (véase la fig. 21.^a lám. 5.^a). No hay tubos en el exterior de la caldera; pero las paredes de ladrillos que las defienden del acceso del ayre exterior son do-

bles , y el espacio intermedio está lleno de carbon molido.

El combustible está colocado en la extremidad superior del canal del medio sobre una rejilla de forma oval ; y la llama , recorriendo este canal hasta el fondo , se reparte á derecha y á izquierda , y vuelve por los canales inmediatos : torna despues á una parte y á otra , y vuelve á los dos canales exteriores hasta el fondo de la caldera , desde donde pasa á dos canales inclinados , que la conducen en derechura á los de otra caldera que tiene las mismas dimensiones que la primera , allí circula la llama , y calienta el agua destinada para llenar la primera caldera.

Como estas calderas se han hecho de hojas de cobre excesivamente delgadas , y estas resisten mejor á la accion del fuego , y por consiguiente duran mucho mas que las mas gruesas , estas dos calderas juntas cuestan menos que la única de que se servian ; y Mr. Duffin , Secretario de la fábrica de lienzos , hombre activo é inteligente , que es interesado en el arte de blanquear , me ha manifestado un cálculo fundado sobre experimentos hechos con esta nueva caldera , que prueban que la economía del combustible , resultante de la adopcion de este invento en todas las fábricas de blanquear de Irlanda , proporcionaria al comercio un beneficio de 4,800@rs. vn.

En mi fábrica de blanquear establecida en la casa de la Sociedad de Dublin , destinada para modelo de las de las casas particulares , hay dos calderas oblongas , la una se calienta con el fuego , y la otra con el humo. Este humo despues de haber pasado por un tubo muy largo , semejante á los de las estufas , que

da la vuelta á los dos costados de la pieza destinada para secar el lienzo , inmediata á aquella en que se lava , pasa despues al quarto donde se seca el lienzo , y despues sale á la chimenea.

Estando el fondo de la segunda caldera á nivel de la parte superior de la primera , corre el agua caliente desde aquella para llenar esta por un tubo con su llave de cobre que es muy cómodo. Las coberteras de estas calderas , que son dobles , y que se mueven por goznes , estan encaxadas en rebaxos en donde hay agua ; y el vapor que está confinado por esta precaucion se ve precisado á pasar por un tubo acomodado á una parte de la cobertera unida al fondo de la caldera por unos ganchos ; y despues de haberse elevado hasta la altura de siete á ocho pies , pasa lateralmente á un tubo de madera horizontal , que atraviesa la pared del aposento donde se seca el lienzo. En el parage en que este tubo toca el interior de la pared está reemplazado por otro de cobre de casi tres pulgadas de diámetro , que estando , poco mas ó menos , en una posicion horizontal , conduce el vapor al traves de la pieza en la direccion de su longitud , hasta un agujero hecho en la ventana á la extremidad del aposento , desde donde se comunica al ayre.

El vapor , pasando por medio de este aposento en el tubo de metal , que es un buen conductor de calor , lo comunica á la pieza , y el agua que se condensa dentro de él corre por el tubo , dándole una inclinacion de abaxo arriba , en lugar de dársela al contrario , como se ha hecho casualmente : el agua condensada que está casi hirviendo podria volver á la caldera : de este modo se economizaria el ca-

lor, y de consiguiente el combustible.

El horno destinado para calentar las planchas es una especie de fogon hecho de ladrillos y con yeso: su fondo es una especie de vaso cóncavo y poco profundo, de hierro colado, de diez y ocho pulgadas en quadro, y de tres de hondo, casi lleno de arena fina. Encendiendo el fuego debaxo de él en una hornilla cerrada, bien presto se hace ascua, porque la arena impide el acceso del ayre frio á la superficie superior, de suerte que tocando las planchas con el metal debaxo de la arena, bien pronto se calientan todo lo necesario con un gasto muy moderado de combustible.

Podrian servirse con buen éxito de este invento para cubrir las planchas calientes sobre las cuales se ponen á hervir las cacerolas en muchas cocinas.

El horno para calentar las planchas entra en parte en la pieza destinada para secar el lienzo; pero la puerta por donde se introducen las planchas, las del hogar y cenicero dan todas tres á la pieza de planchar.

El humo atraviesa el aposento donde se seca el lienzo por un tubo de hierro, que tiene la doble ventaja de calentar la pieza y de contribuir á secarlo.

Como algunas veces es necesario hacer secar el lienzo quando aun no se ha calentado la pieza de blanquear ni la de planchar, se ha construido para este efecto una hornilla cerrada, que comunica con el canal que hace pasar el humo desde las calderas al rededor de esta pieza para secar el lienzo. Esta hornilla, de que se sirven únicamente para secar el lienzo, está situada precisamente fuera de la pieza destinada para este uso, debaxo de la extremidad del tubo junto á la segunda caldera. La abertura sobre el

fogon, por la qual entra la llama por la parte inferior del canal, está cerrada con una plancha de hierro que corre por dentro de un rebaxo quando no se sirven de este fogon ; y quando se usa de él , la puerta que cierra la abertura del fogon de la primera caldera y el registro de la puerta del cenicero permanecen constantemente cerrados.

Para que la parte superior de la primera caldera no se levante demasiado sobre el suelo del quarto donde se blanquea, de suerte que los trabajadores no puedan llegar á ella sino por algunos escalones, la rejilla y el fondo de los canales debaxo de la caldera estan casi á nivel del dicho suelo, y el cenicero está debaxo de él ; y para poderse acercar con mas facilidad á la abertura del fogon , colocar la leña, y preparar el fuego , hay frente de aquel un hogar de casi tres pies en quadro y dos de profundidad debaxo de tierra, aforrado por todas partes de piedras, con gradas para baxar á él: en las dos paredes verticales (á la derecha é izquierda de la abertura del fogon) se han fabricado bóvedas de muchos pies de profundidad para colocar en ellas el combustible : los escalones para baxar á él estan en la parte opuesta al hogar.

Los hogares de esta especie son muy necesarios en todas las hornillas destinadas á las calderas grandes: de otra suerte la parte superior de la caldera quedará muy levantada sobre el nivel del suelo para poderse servir de ella con comodidad. Es verdad que pueden emplearse gradas para aproximarse á las calderas que estan levantadas ; pero estas tienen siempre sns inconvenientes , ocupan mas terreno, y cuestan mas que los hogares cuyo plan he propuesto.

Los hogares que estan al frente de las puertas del fogon de las calderas grandes en la cocina del hospital de los expósitos pueden estar cerrados con losas quando se considere necesario. Siempre que se use de este medio es preciso que haya un número grande de agujeros en esta puerta, á fin de que el ayre que es necesario para mantener el fuego pueda baxar al cenicero; y quando el fondo del tránsito que conduce al hogar está sobre el nivel de esta losa, la parte de la puerta que está por baxo de la abertura del hogar se deberia cubrir con una chapa de hierro batido para evitar que caigan algunos carbones encendidos.

Quando se colocan calderas grandes en una situacion en que no es posible baxar el hogar frente del fogon, debe estar levantada la obra que sostiene la caldera, y en este caso es preciso poner gradas para acercarse á ella. Se debe cuidar en la construccion de dar á lo menos dos pies de ancho á la grada superior para que se pueda trabajar cómodamente en la caldera, y quando esta está colocada en medio de una pieza, debe haber escalones á los tres lados de la caldera. Lo baxo de la puerta del hogar deberá, si es posible, superar el nivel de la última grada; y para conservar la simetría, la puerta del cenicero se colocará enfrente de la última; y el paso que conduce al cenicero (que necesariamente será bastante largo) tendrá un declive suave. He adoptado esta construccion en la cocina del hospital de la Piedad en Verona.

No hay otro inconveniente en la longitud del paso que conduce al cenicero sino el de un poco de trabajo mas para extraer de él la ceniza; pero seria aun mucho mayor el de cortar las gradas enfrente

de la caldera, á fin de colocar la puerta del cenicero directamente sobre la del hogar para abrir en él un paso cómodo.

Los canales colocados debaxo de las calderas grandes de la pieza de blanquear de la casa de la Sociedad de Dublin no estan dispuestos de un modo que dividan la llama, y la hagan circular en dos corrientes: su direccion la tienen al traves de la caldera: la puerta del hogar no está en el medio, sino sobre uno de los pequeños costados de la caldera, y cerca de una de sus extremidades. La llama pasando y volviendo á pasar debaxo de la caldera dos veces desde su frente al lado opuesto, llega á su extremidad (la mas distante del hogar) á un canal provisto de un registro, la inclinacion de este canal es de 45° , y va á parar á los canales de la segunda caldera. El fondo de los de la primera está precisamente á nivel del suelo de dicha pieza; y para poderlos limpiar con facilidad, y quitar el hollín que se pega al fondo de la caldera, al construir el hogar se han dexado los canales abiertos por la extremidad, y despues de haber colocado la caldera, se han cerrado con adobes dobles secos de ladrillos. Para darles consistencia estan cubiertas sus junturas por el exterior con tierra arcillosa.

Los costados de la caldera estan al abrigo del ayre exterior por medio de paredes pequeñas de ladrillos cubiertos con tabiques, y con la precaucion que se ha tomado de llenar el espacio entre estas paredes y la caldera con carbon machacado. Si hubiera de colocar otra vez estas calderas dexaria este espacio desocupado del todo: pondria solamente en la parte inferior algunos agujeros, por los quales pudiesen subir

la llama y el vapor caliente de los canales y rodear las calderas. Esta reforma es igualmente necesaria para la caldera grande que he colocado en la fábrica de lienzos, como modelo de todas las de esta clase; y como esta reforma puede hacerse en poco tiempo, y casi sin gasto alguno, deseo que se execute lo mas pronto posible.

El zelo y cuidado infatigable por todo lo que puede contribuir al bien de su patria, que distingue al ciudadano ilustrado y respetable, á quien el comercio y las manufacturas de Irlanda, particularmente las de lienzo, deben una parte de su prosperidad, me hacen esperar que querrá ayudarme á reformar los defectos que puedan hallarse en la construccion de los hogares económicos que he propuesto por modelos en Irlanda.

Aunque mi detencion en Irlanda haya sido muy corta para poder hacer adoptar allí todos los inventos que deseaba extender en esta isla, interesante por todos respetos, sin embargo del aprecio que han merecido mis diferentes proposiciones, los recursos eficaces que me han suministrado de todas partes me han puesto en estado de hacer executar mas proyectos en dos meses, que los que hubiera podido verificar en dos años. En otros países en donde está mas adelantada la civilizacion, los placeres del 'luxo y de la opulencia han inspirado una especie de inaccion hácia todos los descubrimientos útiles.

Yo hubiera apetecido poder hacer reformar la cocina grande de la casa de industria de Dublin, siendo muy considerable el consumo de combustible en este vasto establecimiento, en donde se alimentan dia-

riamente 1500 personas ; pero no teniendo el tiempo suficiente para concluir una empresa tan grande , he juzgado por mas prudente no principiarla. He hecho colocar en uno de sus talleres una caldera grande que podrá servir de modelo ; pero en esto no me he propuesto otro objeto que el de hacer ver como puede calentarse una sala grande por medio de un hogar de cocina, y con el mismo fuego necesario para la coccion de los alimentos (1). El humo del hogar pasa horizontalmente por todo lo largo de una de las paredes de la sala ; y estando tapada la caldera con una cobertera que no puede penetrar el vapor , este se ve obligado á atravesar tambien la longitud de la sala por un tubo de plomo horizontal , paralelo al conducto del humo , y colocado sobre y junto á él. En la estacion templada, quando no se quiere calentar la sala, el humo y el vapor pasan inmediatamente á la atmósfera por un cañon de chimenea inmediato al hogar.

Siendo la sala muy larga y estrecha, para calentarla igualmente he hecho adoptar cerca del hogar, como en la otra extremidad, el uso de pedazos de cobertera caliente de tres ó quatro pies de largo, guarnecidos de botones para tapar en caso de necesidad el tubo de vapores.

Cubriendo mas ó menos este tubo , segun parezca necesaria esta precaucion en las partes de la sala en que el calor es mas fuerte , la cobertera impide al tubo comunicar su calor al ayre exterior , lo conserva á mayor distancia, y calienta las otras partes de

(1) Este invento podrá emplearse para los invernáculos, aun quando esten situados á una distancia considerable de la cocina.

la sala, que sin esta precaucion serian muy frias. El tubo para los vapores, que es de hojas de plomo muy delgadas, tiene casi tres pulgadas de diámetro, y en vez de estar horizontalmente, tiene un declive suave, bastante para que el agua que proviene de la condensacion del vapor vuelva á la caldera (1).

El conducto horizontal por el que pasa el humo es un tubo de hierro batido de casi 7 pulgadas de diámetro, dividido en cuerpos de 12 á 15 pies de largo, para poder limpiarlo con mas facilidad: está fixo casi horizontalmente á diferentes distancias del suelo, formando una línea sostenida de pilares ó columnas de ladrillos. Un tubo de calor ordinario hecho de barro, como los que se emplean en los invernáculos, hubiera tambien bastado para calentar la sala, pero ocuparia mucho terreno: esto es lo que me ha movido á preferir los tubos de hierro batido.

Al tiempo de establecer la caldera (que es de hierro batido muy delgado) he hecho un experimento

(1) He inventado una hornilla para calentar una de las iglesias principales de Dublin con tubos de vapores, pero sin hacer uso del humo; y debo confesar, á pesar mio, que no he tenido tiempo de concluir el plan que habia prometido para calentar el magnífico edificio destinado á la Cámara de los Comunes de Irlanda: pero uno ú otro de los dos hogares de chimenea que he hecho construir en la sala de la Asamblea de la Academia Real de Irlanda corresponderá perfectamente, segun juzgo, al intento de calentar las piezas elevadas ó las salas grandes de las casas particulares. He tratado de reunir en este hogar las ventajas de la chimenea á las de la estufa de Alemania. La rejilla de esta chimenea, que es de una forma bastante graciosa, de hierro colado, no cuesta mas de 5 rs. y 10 mrs., y es ciertamente la mejor forma de rejilla que puede emplearse para los hogares en que se hecha carbon de tierra. He tenido la satisfaccion de saber últimamente que se principiaba á adoptar casi en toda la Irlanda la forma de estas rejillas.

que ha tenido mas éxito del que yo podria esperar. Los conductos que estan debaxo de la caldera (porque al rededor no tiene ninguno) estan formados por el fondo mismo de esta vasija: son paredes huecas de hierro colado de casi 9 pulgadas de alto y una pulgada y tres quartas de grueso, en las quales baxa el líquido contenido en la caldera, y las que, en efecto, forman parte de ella misma. Por medio de este invento está rodeada la llama de líquido por todas partes, á excepcion del fondo de los canales (por donde apenas puede salir el calor), y el hogar no es mas que una obra de mamposteria: la rejilla está á nivel con la superficie superior de esta obra, y el cenicero es la única cavidad que allí se encuentra.

Quando se colocó la caldera se tuvo cuidado al tiempo de cortar las paredes huecas ó las divisiones de los canales en los sitios convenientes de dexar lugar para introducir el combustible, y para el tránsito de la llama de un canal al otro, y del último canal al tubo por donde pasa el humo á la chimenea, ó á los tubos de hierro que avivan el calor de la sala en caso de necesidad.

Uno de los principales objetos que tuve presentes en este experimento fue el de ver si podria hallar una especie de caldera, que estando suspendida baxo de un carro ú otro carruage semejante, pudiese servir para hacer cocer los alimentos para las tropas que estan en marcha, y debaxo de la qual pudiese encenderse fuego puesta que fuese en tierra.

Los que se tomaren el trabajo de exâminar la caldera de que se trata, verán que los principios de su construccion la hacen á propósito para los objetos de

que acabo de hablar. Pero no solamente para las calderas portátiles podrá ser útil esta construccion: estoy convencido de que convendrá igualmente para las calderas de las máquinas grandes para vapores, para los alambiques de los destiladores, y otros usos diversos. Como es casi imposible que el calor salga por la obra de albañilería, y como la superficie de la caldera sobre la qual debe obrar el calor está considerablemente aumentada por las paredes huecas, se calienta el líquido en la caldera tanto mas pronto y con tanto menos combustible.

Hay otra ventaja en esta especie de construccion que merece la atencion de los destiladores, dando á los canales una forma convexâ en lugar de la llana, que anteriormente se habia adoptado, lo que puede hacerse con facilidad, pues esto mismo se ha executado en la caldera de que se trata: la parte mas calorífica de la llama ocupará necesariamente lo alto de la convexidad de los canales que recorre; y como la parte mas viscosa del licor que está en el caso de quemarse y de dar un gusto fétido á la destilacion no puede pegarse fácilmente á esta superficie convexâ, no experimentarán los destiladores un inconveniente del que hasta ahora apenas se han podido liberrar.

Haciendo segun estos principios las calderas para el uso de los destiladores, será probablemente necesario aumentar mucho el grueso de las paredes de los canales, y aun hacerlos mas profundos que el nivel del fondo de ellos mismos, para impedir que la materia espesa que se deposita naturalmente en estas cavidades se exponga á un calor muy grande.

Esta ventaja se extenderá tambien á las calderas

grandes destinadas para hacer las sopas de una cierta consistencia en los hospitales; pues estas sopas estan muy expuestas á pegarse al fondo de las calderas en que se preparan, y á quemarse.

He hecho otro experimento en la casa de industria de Dublin, que desearia haber llevado mas adelante: observé que el gasto de pan de trigo consumido en esta casa era muy considerable, pues llegaba en 1795 á 368,736 rs., y veo que podria proporcionarse una economía grande dando á las personas que estaban á cargo del público tortas de avena, especie de pan á que se han acostumbrado ya en lugar del mejor pan de trigo. Pero para dar tortas de avena á 1500 personas era preciso encontrar un modo mas fácil para cocerlas en el horno que el que se habia tenido hasta entonces, y que pudiese al mismo tiempo economizar el combustible.

Para facilitar esta variacion de alimento á las personas que estan en este vasto edificio, sea por correccion ó por caridad pública, he pensado establecer un horno que puede llamarse *perpetuo*.

Hice construir en el centro de un poyo de albañilería de casi 8 pies de diámetro que ocupaba el medio de una sala grande ó quarto baxo un pequeño hogar destinado á quemar leña, turba ó carbon de tierra.

El diámetro del hogar tenia casi 11 pulgadas, estando la rejilla 10 sobre el nivel de la sala, y lo inferior del hogar angostado hasta casi 4 pulgadas. Cerca de este paso estrecho se han colocado seis canales separados y horizontales (con sus registros para abrirlos y cerrarlos quando se quiera). La llama se

dirige por seis canales debaxo de seis planchas de hierro colado, que forman el fondo de seis hornos colocados sobre el mismo nivel al lado uno de otro, y ocultos en el poyo de albañilería. Cada una de estas planchas tiene la forma de un triángulo equilátero: estos hornos se reúnen todos en el centro de un macizo cilíndrico; de consiguiente sus costados forman en su fondo un ángulo de 60 grados.

La llama, después de haber circulado debaxo del fondo de estos hornos, se eleva en dos canales ocultos en la pared fronteriza á cada horno, y situados á derecha é izquierda de su embocadura, y después de haber circulado en canales semejantes sobre la superficie plana de otra plancha triangular que forma el fondo del horno, sale por un canal provisto de un registro á un sitio vacío hecho sobre el poyo cilíndrico, desde donde pasa á un tubo de hierro horizontal de 7 pulgadas de diámetro, colgado del techo de la sala, y este tubo la conduce á un cañon de chimenea colocado á uno de los costados del mismo salon.

Estos seis hornos, que estan contiguos uno á otro en este poyo, estan pegados por el costado por medio de tabiques pequeños de ladrillos de pulgada y media de grueso, y de diez en quadro, colocados de canto: teniendo cada horno su canal separado provisto de un registro, y comunicándose con el hogar, puede calentarse uno ú otro de estos hornos quando se quiera, ó puede conducirse alternativamente el calor de uno á otro; y con ciertas precauciones puede ser la cochura del pan *continua y sin interrupcion*. Luego que el pan se ha sacado de uno de los hornos, puede dirigirse el fuego de suerte que se vuelva á ca-

lentar, mientras se llenan los otros hornos, de donde se saca el fuego con la masa que se va á cocer.

El principal objeto que tenia presente al tiempo de construir este horno era el de evitar la grande pérdida de calor que se nota en los hornos grandes, cuya boca es necesario dexar abierta mientras se introduce la masa, y quando se saca el pan luego que está cocido. Como uno de estos hornos pequeños no hace mas que cinco panes grandes ó tortas, puede llenarse y sacar el pan en muy poco tiempo, é ínterin permanecen cerrados los otros cinco hornos, y no pierden el calor, se calienta uno de ellos mientras continúa la cochura del pan en los otros en diferentes grados.

Quando hice construir este horno, aunque no dudase que no convenia perfectamente para el uso á que lo destinaba, esto es, para cocer las tortas de avena que ordinariamente se cuecen sobre planchas de hierro; sin embargo, no sabia aun si podria servir para cocer el pan. No habia hecho el experimento; y aunque supiese perfectamente que no era necesario para la cochura del pan mas que el calor, y que pudiese dirigirlo perfectamente, y graduarlo á mi voluntad; creia sin embargo que seria necesaria alguna operacion particular para cocer el pan en estos hornos de metal, lo qual no podria verificarse sino por medio de la experiencia.

Lo que contribuyó á animar mis esperanzas fue un descubrimiento accidental hecho por el cocinero de la Academia militar, que despues de diversos ensayos infructuosos, se sirvió muchas veces con buen éxito del horno de asar para hacer cocer los pasteles, *pu-*

dines y otras especies de pastas , cuidando de regular el grado de calor de un cierto modo , porque si se daba al fuego la misma actividad que para asar la carne , los pasteles y toda clase de pasteleria se perderian absolutamente. Despues de diversas tentativas infructuosas , el cocinero descubrió por casualidad este importante secreto , de que ciertamente puede gloriarse. Creo poderlo publicar aquí para bien de la humanidad , aun sin haber obtenido el permiso.

El horno para asar debe estar bien caliente antes de introducir en él los pasteles , y los tubos al ayre corriente no deben estar jamas cerrados del todo durante la coccion.

He observado últimamente que con semejantes precauciones se puede hacer cocer el pan en estos hornos de metal , como en los de la casa de industria de Dublin.

Presumí pues que se podria muy probablemente ahorrar el calor de tal modo , que pudiese executarse esta misma operacion en los hornos calentados por la parte exterior , y contruidos conforme á los principios que acabo de proponer ; y que este método , ademas de la economía del combustible , podria tener otras ventajas : hice diferentes experimentos á mi regreso á Munich para asegurarme de él ; y logré el intento tan completamente , que hace quatro meses que no como otro pan que el que prepara mi cocinero , y cuece en mi casa en un horno de hierro batido calentado por el exterior , y del mismo modo que mis hornos para asar. Puedo decir tambien que ja-

mas he comido mejor pan : todas las personas que lo han probado han sido del mismo dictámen : el pan tiene poco peso , está bien cocido , sin estar reseco , y es del mejor gusto.

Siendo su corteza singularmente delicada , se cuida de hacer los panes muy pequeños , y se les coloca en el horno sobre platillos de hierro batido apoyados sobre pies de 13,9 líneas de alto. Si el pan toca al fondo del horno , se quemará la corteza y sabrá mal. Es preciso dexar una salida para que el vapor que produce la cochura del pan pueda salir : esto puede lograrse por medio de un tubo de vapores con una válvula , ó por un registro colocado en la puerta del horno.

Como no es esta ocasion de tratar este objeto con mas individualidad , no diré mas de él ; pero deseo mucho que los panaderos , á quienes interesa mas particularmente este punto , se empleen en estas observaciones , y hacer nuevos experimentos.

Mis hornos para asar y los de pan , contruidos segun mis principios , serian de una utilidad grande á bordo de las embarcaciones. Hice una campaña en clase de voluntario en la flota mandada por el Almirante Hardy en 1779, y otros diferentes viages por mar bastante largos , y he visto por experiencia quan difícil era preparar los alimentos en tiempo malo. ¿Qué alivio no podria proporcionarse á una marineria fatigada de las penosas maniobras , si pudiesen facilitársela alimentos calientes y bien preparados?

Para que el movimiento del barco no trastorne de modo ninguno el aparato necesario para cocer la carne en los hornos que he inventado , debe ser la

forma del horno la de un cilindro perfecto , y la cazuela en que se coloca la carne deberá ser una seccion longitudinal de otro cilindro , cuyo diámetro tendrá una pulgada menos que el horno para asar: este cilindro estará suspendido por dos quicios en el exe del horno, de modo que la cazuela pueda volverse facilmente en él sin tocar sus costados. El horno para asar deberá colocarse en un poyo , cuyo exe estará en la direccion de la longitud de la nave; y para que el xugo no salga de la cazuela quando la nave da cabezadas , su cavidad deberá estar dividida en varios repartimientos.

Aun me restan algunos detalles que proponer sobre la construccion de una cocina que he hecho establecer en la casa de la Sociedad de Dublin , y que puede servir de modelo para la de una familia pequeña , como tambien de un hogar de chimenea para una cabaña y para un horno de cal , que tambien he hecho construir en el patio grande de este edificio.

Respecto de la cocina debo observar que estaba destinada no solo para servir de modelo á la de una familia corta , sino tambien para dar á conocer una multitud de inventos útiles que pueden adoptarse en todo ó en parte en las cocinas de toda clase y de todas dimensiones. Pensé que esto fuese mucho mas útil que dar un modelo simple de la construccion de una cocina.

Esta tiene sin embargo accesorios muy completos; y aunque hay en ella algunas partes que hubieran podido suprimirse , creo con todo que se hallarán en ellas diversos géneros de utilidad , y que aun pueden adoptarse para la cocina de una familia grande.

Considero la distribucion de las diferentes partes de esta cocina casi perfecta : es la misma que la del hospital de la *Piedad* en Verona , y que la de una cocina particular que he hecho construir á mi presencia en Munich en la casa de *Mr. el Baron de Lekchenfeld*. En uno de los Ensayos siguientes , que tratará exclusivamente de la construccion de los hogares , y de los utensilios de cocina , daré un detalle particular del modo con que estan colocadas y distribuidas las diferentes calderas , las calderas de vapores , las cacerolas , los hornos para asar , y para pasteleria en el poyo de estas , y para hacer comprehensible mi descripcion la acompañaré con un número suficiente de láminas.

Hogar de una choza y marmita de hierro para cocer los alimentos de los pobres.

El hogar de una choza que he establecido por modelo en el patio de la Sociedad de Dublin , no estaba perfectamente acabado quando salí de Irlanda ; sin embargo , puede darse una idea de los principios generales que deben dirigir semejantes construcciones. A cada lado del hogar de la chimenea descubierto (que siendo muy pequeño se ha construido en medio de un hogar grande abierto , como son aquellos de que se sirven actualmente en las chozas) hice colocar una marmita de hierro de una forma particular , batida por *Mr. Jackson* de Dublin : estaba destinada para cocer los alimentos de una familia poco acomodada. Esta marmita es de forma cilíndrica de casi 220,24 líneas de diámetro y 111,2 de profundidad : debaxo de su fon-

do, que es todo plano, hay una prominencia espiral unida á la marmita, y que la sirve de pie: los contornos de esta espiral, quando está puesta en tierra la marmita, forman un conducto espiral, por el que circula la llama. Esta prominencia, que tiene poco mas ó menos una media pulgada de grueso en la parte en que toca con el fondo de la vasija, y menos de una quarta parte de pulgada en la parte inferior, tiene mas de 55,6 líneas de anchura, ó mas bien de profundidad. Esta pieza que sobresale es de forma cónica, que es la mas á propósito para defender la marmita del contacto del ayre: se la ha encerrado en un cilindro de hierro delgado, cuyo diámetro es igual á la mayor anchura de la marmita por su borde. Este cilindro es tan alto como la marmita y el conducto espiral reunidos. La marmita entra ajustada en este cilindro cubierto, y se mantiene en él por medio de un borde en forma de cerco plano de una pulgada y media de profundidad, y un poco inclinado, que está unido al borde de la marmita, y cuya superficie exterior está exáctamente acomodada al borde superior del cilindro. Esta prominencia es útil no solo para unir la vasija á su cilindro cubierto, sino tambien para tenerla en una distancia pequeña de los costados de la marmita, que sirve para confinar mejor el calor.

Para poder trasladar fácilmente esta marmita tiene dos asas remachadas á su cilindro cubierto; y se ha acomodado en él una cobertera de madera.

Conozco que me expongo á la crítica anticipándome á hablar sobre un objeto que debe tener su lugar en otra parte; pero lo que acabo de decir de esta marmita de hierro basta para excitar la curiosidad de

las personas industriosas , que tienen gusto en emplear el tiempo desocupado en perfeccionar inventos útiles, y en contemplar el progreso de la industria.

Modelo de un horno perpetuo para cal.

Los objetos principales que se tuvieron presentes al tiempo de construir este horno para cal , que está en el patio de la casa de la Sociedad de Dublin fueron:

1.º Hacer que el combustible pudiese consumir el humo ; y para esto se ha obligado á este á baxar y atravesar el combustible sin encender , para producir todo el calor posible.

2.º Hacer que la llama y el vapor caliente que se levantan del fuego estuviesen en contacto con la piedra calcárea en la mayor extension , con el fin de economizar el calor , y de impedir que se comuniqué á la atmósfera : lo que se ha logrado dando al horno la forma de un cono truncado cóncavo , y una elevacion grande relativa á su diámetro , llenándolo enteramente de piedras de cal , é introduciendo el fuego por la base del cono.

3.º Hacer la operacion perpetua , para evitar la pérdida de calor que necesariamente resulta de enfriarse el horno quando se vacia y quando se llena, operaciones que obligan á apagar el fuego.

4.º Disponer el aparato de modo que desde que está calcinada la piedra , y que de consiguiente tiene un grado de calor muy considerable , pueda al tiempo de enfriarse comunicar este calor , y ayudar á calentar la nueva carga con que se llena el horno desde que se ha sacado una cantidad cierta de cal.

Para llenar este objeto no está mezclado el combustible con la piedra calcárea; pero se consume en un horno cerrado puesto al lado del horno un poco mas abaxo de su fondo.

Quando los hornos de cal contruidos segun estos principios sean muy grandes, podrá haber en ellos colocados hogares en el mismo cono, y situados en diferentes partes. Estos hogares podrán disponerse del mismo modo que los que se usan para cocer la porcelana.

Hay en el fondo del hogar una puerta que no se abre sino para sacar la cal.

Despues de haber sacado una cierta parte de esta, la piedra que está dentro del hogar se hunde, y el vacío que queda en lo superior del horno se llena inmediatamente con nueva piedra de cal.

Luego que se ha sacado una cierta cantidad de cal, debe cerrarse la puerta al instante, y tapar las junturas con tierra arcillosa humedecida, para impedir el tránsito del ayre frio por medio de la cal; debe sin embargo dexarse una pequeña abertura por las razones que daré.

Como el fuego entra en el horno á alguna distancia de su fondo, y la llama se levanta: luego que entra en esta cavidad, la parte inferior del horno (debaxo del nivel del hogar) está ocupada con la piedra ya calcinada: esta tiene un calor extremado, y como quando se extrae la cal por debaxo descende para reemplazar el ayre, al que ella comunica su calor por medio del contacto, debe levantarse en el interior, y atravesar la parte superior del horno: de este modo la piedra calcinada, enfriándose, contribuye á calentar la nueva carga que se pone en el horno. Para fa-

cilitar esta comunicacion de calor de la piedra calcinada á la que está en la parte superior del horno es preciso que haya una correspondencia de ayre de abaxo arriba que se coloque dexando una abertura en la puerta que facilita la entrada del ayre exterior en el horno. Esta abertura (que debe tener un registro) ha de ser muy pequeña ; pues de otro modo formaria una corriente muy grande , que causaria mas daño que provecho : probablemente seria mejor cerrarla quando la cal , llegando al fondo del horno , pierda una parte de su calor.

Siendo la perfeccion de los hornos de cal un objeto de grande importancia , desde que el uso de la cal , como abono , se ha hecho casi general , pienso destinar mis primeros ratos ociosos á investigaciones mas extensas sobre este punto ; y por esto no he hecho mas que insinuar mis ideas en esta parte , para que los que tuvieren los mismos proyectos puedan examinarlas y rectificarlas.

Sé que el modelo de horno que he hecho construir en Dublin no está muy perfecto : se ha hecho con mucha priesa el dia antes que saliese de Irlanda ; pero actualmente hago formar uno de cal para el cortijo del Jardin ingles de Munich , y trataré de hacerlo con la perfeccion posible : si logro verificar mis esperanzas en esta parte , publicaré el detalle de mis experimentos , acompañado de láminas para la inteligencia de la materia.

Estas investigaciones serán tanto mas interesantes y útiles , quanto que se acaba de descubrir una mina de carbon á poca distancia de Munich , lo qual me pondrá en estado de emplear alternativamente carbon , le-

ña ó turba en los experimentos que haga para lograr la cal en este horno.

Para dar á las personas que quieren ocuparse en el mismo objeto una idea mas completa de mi plan , he figurado el bosquejo del horno para cal que actualmente hago construir. (*Véase la lámina 6.^a*)

He creído deber darles esta noticia , para que podamos entrar en disputa ; y aseguro á todos mis competidores que quedaré complacido de que me adelanten en el trabajo que emprendemos de acuerdo.

No pienso engañarme diciendo que el resultado del trabajo de mis semejantes me ofrece tanto gusto , quanto yo saco de mis investigaciones ; y que quando pueda lisonjearme de haber contribuido á excitar meditaciones útiles , experimentaré una complacencia inexplicable.

EXPLICACION DE LAS LÁMINAS.

LÁMINA I.^a

Fig. 1.^a Vista de una cobertera doble para una caldera ; un caldero ó una cacerola. Se ve el canto que se ajusta en la caldera , y por la parte superior el tubo por donde salen los vapores : lo restante del tubo está señalado con puntos. Véase pág. 15.

Fig. 2.^a La misma cobertera colocada sobre la caldera ; se ha quitado parte de esta cobertera , para que pueda verse la direccion del tubo por donde van los vapores. En esta figura , la altura de esta cobertera es igual á la mitad de su diámetro ; pero tengo experimentado que basta la altura de un tercio del diámetro.

Fig. 3.^a y 4.^a Representan las rejillas circulares de invencion mia para los hogares cerrados de cocina. Se pueden hacer de 5 pulgadas 9,8 líneas á 20 pulgadas 9,4 líneas de diámetro , segun las dimensiones de la caldera. La regla que he seguido al determinar las proporciones de la rejilla para toda caldera de forma circular es tomar la mitad del diámetro superior de la caldera del un borde al otro.

Fig. 5.^a Es un cono truncado vuelto al revés hecho de hoja de lata , que debe estar colocado inmediatamente debaxo de la rejilla , debiendo encaxar su borde en el de esta : quando la rejilla es grande , puede hacerse este cono de ladrillos ó de argamasa : puede hacerse de loza para los hogares pequeños ; y

este es uno de los materiales mejores para ello. Véase pág. 36.

Fig. 6.^a, 7.^a y 8.^a Representan un ladrillo agujereado con su tapon que sirve para tapar el orificio por donde se mete el combustible en los hogares. El diámetro del agujero redondo hecho en este ladrillo, puede ser de 6 pulgadas 11,8 líneas á 8 pulgadas 1,7 líneas. Véase pág. 25.

LÁMINA II.^a

Las figuras desde la 9.^a hasta la 16.^a de esta lámina representan la construccion de la puerta de un cenicero con su registro. Véase pág. 33.

Fig. 9.^a Puerta vista de frente con su registro. El todo es de hoja de lata, á excepcion de las quatro espigas que sostienen en su lugar la plancha circular que forma el registro: estas espigas son de cobre, como tambien la plancha circular que hay en el centro del registro, la qual debe tener el diámetro de un escudito. El hacerse de cobre es porque está menos expuesto al orin que el hierro.

Fig. 10.^a Vista de la puerta en su marco mirada por la parte de atras: se vé el modo con que entra en él, y las faxas de hierro *a, b, c, d*, con que está sujeto el marco en la pared.

Fig. 11.^a Es un corte horizontal hecho en medio de la puerta y de su marco, y que atraviesa el boton que sirve de pomo para cerrar la puerta.

Fig. 12.^a Es el corte de este pomo en escala grande: indica el modo de construirlo.

Fig. 13.^a Es la plancha de hoja de lata que forma la

parte anterior de la puerta , con los agujeros que sirven para fixar los otros accesorios.

Fig. 14.^a Es la plancha circular que forma el registro, con el boton saliente que sirve para darla vueltas.

Fig. 15.^a y 16.^a Manifiestan en escala grande una de las espigas de cobre que sostiene en su sitio el registro circular.

A tiempo de construir estas puertas para el registro , y generalmente todas las puertas de hierro destinadas para los hornos , sean quales fueren sus dimensiones , no necesitan marco ; pues basta que ajusten bien por la parte de afuera de la abertura que deben tapar , cuya superficie se alisa raspándola con una piedra mayor. Si entonces la puerta de hierro está bien plana , y bien montada en sus goznes , la puerta cerrará siempre con facilidad y exactitud , á pesar de la dilatacion del metal por el calor ; lo qual no sucederá si la puerta está apretada en un marco.

En el caso en que el calor debe ser muy fuerte convendrá hacer el marco de la puerta de barro capaz de sufrir el fuego ; y la parte de la puerta que está expuesta á la accion inmediata del fuego , deberá estar guarnecida ó de una plancha de barro sostenida con grapas de hierro , ó con una pared de casi 2 pulgadas 3,9 líneas de grueso de arcilla compacta mezclada con una porcion conveniente de trozos de crisoles , todo sostenido con clavos de hierro de cabeza ancha y bastante largos. Esta masa trabajada suficientemente , y que se haya secado con lentitud , cuidando de rellenar las aberturas de ella conforme se vayan presentando , sufre una media

cochura por la accion del fuego del mismo horno, y hace durar la puerta diez veces mas tiempo que lo que duraria sin este preservativo. La superficie interior de las puertas de los dos hornos de la fábrica de cerveza que he hecho construir en Munich, está preparada de este modo, con lo que no solo se ha conseguido esto, sino que hasta ahora no se la ha notado inconveniente.

LÁMINA III.^a

Fig. 17.^a Vista por frente del hogar de la fábrica de cerveza de Neuhausel y de su cobertera, estando la caldera empotrada en la pared: la puerta interior del hogar se figura cerrada, y para que se vea se ha levantado la puerta exterior. Las dos galerías en bóvedas A y B en el grueso de la pared á derecha é izquierda del hogar sirven para colocar el combustible al mismo tiempo que ahorran ladrillos en la construccion. Las divisiones del hogar y de los diferentes canales y una seccion de la caldera estan representadas por medio de líneas de puntos. La abertura circular á la izquierda de la puerta del hogar está destinada para ver el efecto del combustible inflamado.

a, b es el marco de madera que rodea la caldera: *c, d* es el terraplen en que se ponen los obreros quando trabajan en variar la caldera: *e, f* especie de cornisa que sirve para pasar del un lado de la caldera al otro. Esta cornisa, que tiene 20 pulgadas, 9,4 líneas de ancho, tiene 13 pulgadas, 11,6 líneas de alto mas que las otras, para que las aber-

turas de los canales *g* y *h* queden libres. Estas aberturas estan sin embargo cerradas siempre por medio de dobles ladrillos, menos quando se quieren limpiar.

Fig. 18.^a Seccion horizontal del hogar al nivel del fondo de la caldera: *a, a, a, a* son quatro aberturas por donde pueden limpiarse los canales que daban vuelta al rededor de la caldera la primera vez que se construyó la fábrica de cerveza: *b* es el tubo por donde pasa el humo á la chimenea.

La entrada del hogar y el tubo cónico hecho en la pared, que sirve de ventana para observar el efecto del fuego, estan señalados con líneas de puntos. La posicion de la puerta interior del hogar está señalada con una línea de puntos *c, d*: la rejilla circular en forma de crisol está representada en su lugar, y se ven todas las paredes de los canales debaxo de la caldera. Las flechas en los canales denotan la direccion de la llama. Véase pág. 90.

LÁMINA IV.^a

Fig. 19.^a Corte vertical de la caldera representada en la lámina anterior (*fig. 17.^a*). Este corte se ha dado por medio de la caldera del hogar y de su cobertera. *A* es el cenicero, con un corte desde su puerta al registro. *B* es el hogar con su rejilla circular. *C* es la abertura por donde se introduce el combustible, con el corte de sus dos puertas. *D* es un espacio que se dexa vacío para ahorrar ladrillos. *E* es la caldera. *F* su cobertera de madera. *M* es el tubo para los vapores, con su contrapeso. *RR* es la pared del

edificio en que está apoyado lo que reviste la caldera. *a, b* es el armazon de madera en que entra la caldera.

El modo con que está fabricada la cobertera de la caldera, como tambien su forma, la puerta y la ventana inmediata pueden verse con claridad en esta figura.

Fig. 20.^a Corte horizontal de este hogar hecho al nivel del fondo del canal que rodeaba la caldera, y por donde circulaba la llama antes de haber reformado el hogar. Los canales que estan baxo de la caldera se indican en esta figura por líneas de puntos.

LÁMINA V.^a

Fig. 21.^a Corte horizontal del hogar de la fábrica de cerveza, hecho al nivel de la parte superior de los canales que estan baxo de la caldera, *despues de haber cerrado la boca del canal que la rodea*, ó mas bien despues que se ha interceptado la circulacion de la llama por él. Esta figura manifiesta el estado actual del hogar. Véase pág. 116.

Las flechas corvas señalan la direccion de la llama en los canales: *a b* son los dos canales por donde pasa el humo á la chimenea, ambos tienen una válvula; y *c, c, c, c* son quatro aberturas pequeñas que comunican con los canales, por donde pueden pasar la llama y el vapor caldeado á la cavidad que servia anteriormente de canal al rededor de la caldera.

Fig. 22.^a Puerta del cenicero vista de frente con su registro: esta puerta está cerrada con un picaporte

de una forma particular indicada en esta figura.

Fig. 23.^a Es la puerta sin su registro.

Fig. 24.^a La plancha circular colocada en el registro.

Esta puerta del cenicero cierra contra el frente de su marco sin entrar en él: las razones que hay para preferir este modo de acomodar la puerta se han indicado ya. Véase la descripción de la lámina 2.^a

LÁMINA VI.^a

Fig. 25.^a Es el corte de un hornillo pequeño para cal construido en Munich, con la intención de hacer en él diversos experimentos. La altura del horno es de 16 pies, 10 pulgadas y 3 líneas, su diámetro interior de 2 pies, 3 pulgadas, 11,2 líneas en la base, y el superior de 10 pulgadas, 5,7 líneas. Para contener mas eficazmente el calor, estas paredes, que son de ladrillos y muy poco gruesas, son dobles, y el espacio intermedio está lleno de cenizas de leña bien secas. Para dar mas solidez al conjunto estan unidas estas dos paredes en muchas partes por medio de codales horizontales hechos de ladrillos, y bien sujetos con argamasa.

La abertura superior por donde se introduce el combustible. Por esta abertura es por donde baxa al hogar el ayre que alimenta el fuego. Este hogar está representado como casi lleno de carbon, y la llama como que pasa lateralmente á la cavidad del horno por una abertura hecha para este efecto en el fondo del hogar.

La abertura superior por donde se introduce el combustible está cubierta con una plancha de hierro

que gira sobre goznes ; levantando mas ó menos esta plancha , que está sostenida de una cadena , sirve de registro para templar el fuego.

Se ve en la figura una seccion de esta plancha y de la cadena que la sostiene.

b es una abertura en la pared de enfrente del hogar que sirve accidentalmente para limpiar el hogar, y la abertura por donde entra la llama en el horno. Esta abertura, que jamas debe estar cerrada del todo, sirve tambien para introducir una cantidad pequeña de ayre que llega horizontalmente al hogar. Esta porcion de ayre , introducida de este modo , ha parecido útil y aun necesaria en los hogares en donde se obliga á la llama á baxar para consumir el humo. Pueden tambien hacerse para este efecto muchos agujeros con tapones de forma cónica en la pared de la fachada del hogar.

El fondo del hogar es una rejilla hecha de ladrillos puestos de canto , y baxo de ella hay un cenicero ; pero como debe estar absolutamente impedido el acceso del ayre al hogar por esta rejilla, la puerta del cenicero *c* está siempre cerrada , y no se abre sino por casualidad para quitar las cenizas.

d es la abertura por donde se saca la cal del horno ; esta abertura debe estar exáctamente cerrada para evitar toda comunicacion del ayre frio por medio de la piedra que se ha de calcinar.

Como no puede sacarse de cada vez sino la parte de cal que está baxo del nivel del hogar , para determinar precisamente que no se ha sacado mas que la conveniente , puede echarse la cal extraida en un foso hecho frente de la abertura por donde se saca,

dándole las dimensiones suficientes para que pueda servir de medida fija.

Quando se saca la cal por el fondo del horno , es preciso llenarlo por la parte superior con piedra calcárea , y mientras dura esta operacion puede detenerse el efecto del fuego , cerrando la abertura del hogar con la plancha de hierro que está acomodada á él.

Si se tuviere por conveniente arreglar el fuego , ó distribuir diferentemente el calor al hacer la cal, podrá cerrarse mas ó menos la abertura superior del horno , con una piedra de arcilla , ó con una plancha de hoja de lata ó de hierro delgado.

Las paredes dobles del horno , el espacio que hay entre ellas , y los codales que las unen , estan señalados en esta figura. El horno se representa lleno de piedras redondas, semejantes á las de que se sirven en Munich. Estas piedras se sacan de las montañas frente de Baviera, las conducen á la capital por el *Iser*; la violencia de la corriente de este rio, y la frotacion que resulta en estas piedras , las dan esta forma redonda.

FIN DEL ENSAYO SEXTO.

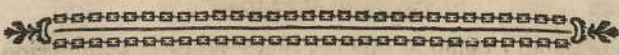
debiendo las dimensiones suficientes para que pueda servir de medida áya.

Quando se saca la col por el fondo del horno, es preciso llenarlo por la parte superior con piedras calientes, y mientras dura esta operación puede darse el efecto del fuego, cerrando la abertura del horn con la plancha de hierro que está acomodada á ella.

Si se quiere por conveniente cerrar el fuego, disminuyéndose el calor al hacer la col podrá cerrarse mas ó menos la abertura superior del horno, con una piedra de arrollo, ó con una plancha de hierro de la boca de hierro delgado.

Las paredes interiores del horno, el espacio que hay entre ellas, y los rodillos que las unen, están sembrados en esta tierra. El horno se repara con las piedras redondas, semejantes á las de que se sirven en Munich. Estas piedras se sacan de las montañas de la Sierra. Las conchas de la caputina que cubren la boca de la abertura de este río, y la rotación que resulta en estas piedras, las dan en la forma redonda.

FIN DEL ENSAYO SEXTO.



ENSAYO SEPTIMO.

Sobre el modo con que se propaga el calor en los fluidos. Sobre una ley notable que se observa en la condensacion del agua por el frio, quando este líquido se acerca al término de la congelacion, y sobre los efectos maravillosos que se producen en consecuencia de esta ley en la economía de la naturaleza. Conjeturas sobre la causa final de que el agua del Océano sea salobre.

ADVERTENCIA.

El autor se ve precisado á excusarse otra vez de haberse separado del órden que se propuso seguir en la publicacion de sus Ensayos, y que habia ya anunciado al público. El tratado relativo á los hornos y utensilios de cocina que habia prometido hace algun tiempo, y que, segun el plan de su obra, debia formar el Ensayo séptimo, no está aun en estado de presentarse: el deseo de hacer este tratado con toda la perfeccion posible, ha empeñado al autor en dilatar su publicacion esperando el resultado de algunos experimentos nuevos que está haciendo en la actualidad, y

que darán , como lo espera , luces sobre la conduccion del calor para la preparacion económica de los alimentos.

El objeto principal que se tuvo presente al tiempo de hacer estos experimentos fue el de inventar una especie de horno cerrado y portátil que pudiese servir para guisar las familias reducidas , en vez de emplear para esto hornos fixos de que se sirven actualmente. Seria de desear tambien que este horno portátil pudiese servir en los casos en que los particulares estan precisados á mantener un número mayor de personas que el que tienen comunmente.

Estos hornos portátiles serán sumamente útiles para las familias pobres, que estan obligadas á preparar sus alimentos en las piezas que habitan: convendrian igualmente en las cocinas de los ricos , que son por lo comun mucho mas espaciosas, y menos económicas que lo que deberian ser, si se adoptase este medio de guisar accidentalmente para mayor número de personas.

Otro objeto que se tuvo presente , y que ciertamente es de la mayor importancia, es el de hallar el medio de preparar los alimentos en cazuelas ú otros utensilios de loza ó barro , en vez de emplear el cobre que ha servido hasta ahora para la batería de cocina , con lo qual se evitarian los efectos perniciosos de este metal y los del estaño , que por lo comun los aumentan.

El autor hace construir actualmente una cocina en el edificio de la escuela veterinaria , situada en el Jardin ingles de Munich , en la qual no se usará de metal alguno: todas las marmitas , cazuelas y demas serán de barro. Ha hecho construir otra en su casa , en

la qual todas las cazuelas son de porcelana blanca muy delgada, y que no tienen ningun ángulo cortante, y cubiertas con una hoja de hierro batido delgada para impedir el efecto de la aplicacion repentina del fuego. El experimento demostrará quales son los inventos mejores de este género, que merecen adoptarse por modelo; y se dará al público una razon fiel del resultado de estos experimentos.

Un experimento de otro género, que no puede menos de interesar á toda alma benéfica, ocupa actualmente al autor: publicará en adelante el resultado. Va á formar un establecimiento público sobre un nuevo plan para la educacion de cien niños de uno y otro sexô, desde la edad de cinco á seis años; y espera que este experimento probará decididamente que estos niños pueden ser educados y mantenidos sin causar gasto alguno ni al público ni á sus padres. Con el fin de hacerlos sanos, robustos y ágiles se les obligará á hacer mucho exercicio al ayre libre: una gran parte de su descanso se empleará en cultivar una porcion de terreno y una huerta grande: se les dexará tambien un tiempo determinado para su diversion. Se les darán principios de agricultura, de jardineria, y se les enseñará el modo de ocuparse en todas clases de trabajos rurales. Durante el invierno y tiempo malo se les empleará en diferentes manufacturas que no podrán perjudicar á su salud. Para animar aun mas el espíritu de industria que se desea introducir entre los niños destinados á este establecimiento, les pertenecerá todo el producto de su trabajo que exceda el gasto necesario para su manutencion. Se llevará una cuenta exâcta y separada de su trabajo y de su gasto

desde el momento en que entraron en el establecimiento, hasta aquel en que lo dexaron; y desde este tiempo se les dará fielmente.

Segun la cuenta que se ha hecho en la casa de industria de Munich del producto del trabajo de los niños, y segun la suma gastada en su manutencion, hay motivos para esperar que esta empresa producirá un efecto feliz.

ENSAYO SEPTIMO.

Sobre el modo con que se propaga el calor en los fluidos.

CAPÍTULO PRIMERO.

Peligro que hay en abrazar sin exámen opiniones recibidas en el curso de las investigaciones filosóficas. Jamas se ha dudado del paso libre del calor en todos los cuerpos y en todas direcciones. Sin embargo, no es este el modo con que pasa el calor á todos los cuerpos sin excepcion. El ayre y el agua, y probablemente los demas fluidos, no son en efecto conductores del calor. Descubrimientos casuales que han empeñado en hacer investigaciones experimentales sobre este objeto interesante. El movimiento interior entre las partículas de los fluidos se hace visible. La propagacion del calor en los fluidos se obstruye y retarda por todo lo que impide el movimiento interior de sus partículas. Puede pues concluirse que el calor se propaga en ellos por una serie de estos movimientos. Ellos son los que lo comunican, y los que impiden su tránsito. Los cuerpos, las plumas, la pelusa, y todas las otras substancias que forman las cubiertas calientes para confinar el calor al ayre libre, producen el mismo efecto en el agua segun el resultado del experimento. Estos efectos se producen del mismo modo en estos dos fluidos, esto es, obstruyendo el movimiento de sus partículas en la translacion del calor. La potencia conductora del agua se disminuye sen-

siblemente quando se mezclan en ella substancias que la hacen viciosa, y que minoran su fluidez. El descubrimiento del modo con que el calor se propaga en el agua da muchas luces para una multitud de operaciones las mas interesantes de la naturaleza. Facilita conocimientos sobre el modo con que se conservan los arboles, los frutos y los vegetales durante el invierno en los climas frios.

Nada es mas peligroso en el curso de las investigaciones filosóficas que mirar una cosa como cierta (aun quando parezca serlo) antes que se haya probado con experimentos decisivos.

He sentido muchas veces no haber conocido la verdad de este principio luego que me ocupé en desenvolver objetos de física.

Sin duda no hay fenómeno alguno que se presente mas veces á la vista del observador que la propagacion del calor. Las mutaciones del temperamento en los cuerpos, en los líquidos y en los fluidos elásticos continuamente caen baxo de nuestros sentidos, y antes se dudaría de otro qualquier hecho que del tránsito del calor á todas las direcciones por medio de toda especie de cuerpos. Pero aunque la observacion y la experiencia en el curso de la vida parezcan conducirnos á mirar este hecho como evidentemente demostrado, no es cierto que lo sea. A esta opinion erronea, universalmente extendida en la clase de los sabios y en la de los ignorantes, es á la que debe atribuirse el poco adelantamiento que se ha hecho en el conocimiento del calor, aunque este objeto sea de la mayor importancia para el género humano.

Baxo la influencia de esta opinion principié yo, hace algunos años , mis experimentos sobre el calor ; y si un descubrimiento casual no hubiese fixado mi opinion de un modo irresistible , no hubiera jamas dudado que el calor no pasa libremente al ayre , y aun concluir segun los experimentos que me parecian perfectamente decisivos , que el ayre era un no-conductor de calor , ó que el calor no podia penetrarlo sin ser transportado por sus partículas , y que en este procedimiento obran individual ó independientemente los unos de los otros ; sin embargo , lejos de seguir este dictámen , y de imaginar experimentos para determinar el modo con que el calor se comunica á otros cuerpos , no me creia suficientemente instruido para persuadirme que esta qualidad se extendiese mas allá de la clase de los fluidos elásticos.

Respecto de los líquidos estaba tan persuadido que el calor podia atravesarlos libremente en todas direcciones , que estaba enteramente ciego con esta preocupacion , é incapaz de ver las pruebas mas palpables y convincentes de la falsedad de mi opinion.

Ya he dicho en mi Ensayo sexto sobre la conducta del fuego y sobre la economía del combustible el modo con que llegué á descubrir que el *vapor* y la *llama* son no-conductores del calor. Voy á presentar ahora al público una serie de experimentos que parecen demostrar que el agua , y probablemente todos los líquidos y los fluidos , de qualquier especie que sean , tienen la misma propiedad. Quiero decir , que aunque las partículas de un fluido *tomadas* individualmente puedan recibir el calor de los otros cuerpos , y comunicarle ; sin embargo , todo cambio ó toda comu-

nicacion de calor entre estas mismas partículas, es absolutamente imposible.

Tal vez no será inútil instruir al lector de los descubrimientos graduales que me condujéron á hacer investigaciones experimentales sobre el objeto de que se trata.

Observaba continuamente al tiempo de comer que ciertos manjares retenian su calor mucho mas tiempo que otros ; que los pasteles de manzanas, entre otros, como la confitura de estas y de almendra (muy usadas en Inglaterra) poseen en grado eminente esta propiedad.

Jamas me quemaba la boca , ni veia que los convidados experimentaban el mismo accidente , que no averiguase , aunque en vano , la causa de este fenómeno maravilloso.

Hace casi quatro años que una casualidad semejante excitó toda mi atencion : estaba ocupado con un experimento que no podia suspender en una pieza caliente por medio de una estufa de hierro : me traxéron la comida , que consistia en una hortera de arroz muy espeso ; y como estaba muy ocupado para tomarla toda sin interrupcion , mandé que pusiesen la hortera sobre la estufa para que no se enfriase la sopa. Casi una hora despues tomé de la superficie una cucharada de arroz, y observé que estaba casi fria y muy espesa. La casualidad me hizo entrar un poco mas abaxo la cuchara , y hallé que esta segunda cucharada tenia un calor insufrible (1).

(1) La estufa estaba probablemente casi fria quando se puso en ella la hortera , y el arroz , segun todas las apariencias , se habia enfriado.

Esta casualidad me recordó los pasteles de manzanas y de almendras, que tantas veces me habian quemado la boca en Inglaterra; y aunque este incidente me sorprendió mucho, no me desengañó, y permanecí persuadido de que el agua era un conductor del calor.

Estaba en Nápoles á principios del año de 1794, y entre los fenómenos interesantes que presentan á los naturalistas las aguas termales de Basés, vi uno que me sorprendió sobre todos. Estaba á la orilla del mar, cerca de los baños, y vi salir un vapor ardiente por cada hendedura de la roca, y elevarse al sol: tuve la curiosidad de meter la mano en el agua; y sucediéndose las olas del mar rápidamente, y aun estrellándose contra la costa, no me admiré de hallar el agua fria; pero sí lo quedé quando metiendo los dedos en la arena por medio del agua fria, noté un grado de calor bastante considerable, que me obligó á retirar la mano al instante. La arena estaba completamente mojada, y con todo su temperamento era con extremo diferente á la profundidad de dos ó tres pulgadas. Este hecho me pareció absolutamente incompatible con la propiedad conductora que yo suponía tener el agua. Observé tambien que la superficie de la arena estaba, segun todas las apariencias, tan fria como el agua que la cubria, y esto aumentaba tambien mi sorpresa. Principié entonces á dudar de la qualidad conductora del agua, y me resolví á hacer experimentos para verificar el hecho. Sin embargo, hace como un mes que executé es-

quando su calor se habia aumentado repentinamente con la introduccion de una nueva cantidad de combustible en dicha estufa.

te proyecto; y no hubiera pensado tal vez en él jamás, á no haberse avivado mi curiosidad por otro hecho inesperado que observé hace poco tiempo.

En el curso de mis experimentos sobre la comunicacion del calor tuve motivo para usar del termómetro de dimensiones extraordinarias: los habia de un globo de mas de 4 pulgadas de diámetro, ocupados con diferentes líquidos. Habiendo expuesto uno de estos termómetros lleno de espíritu de vino al calor mas fuerte que pudiese sufrir, lo acerqué á una ventana en la que daba casualmente el sol, para observar su enfriamiento. Observando despues en el tubo que estaba descubierto enteramente (la graduacion de la escala estaba señalada sobre el vaso con una punta de diamante), noté un fenómeno que me sorprendió, y me interesó en el mayor grado: vi toda la masa del licor en el tubo fuertemente agitada por un movimiento que tenia dos direcciones opuestas, subiendo y bajando á un mismo tiempo. El globo del termómetro, que era de cobre, se habia hecho dos años antes que yo executase el experimento; y no habiéndosele llenado ni cerrado, se le habian introducido algunas partículas de polvo, las quales mezcladas con el espíritu de vino, se veian perfectamente por medio de los rayos del sol (del mismo modo que el polvo que hay en la atmósfera de una pieza obscura se ve por medio de los rayos del sol que se introducen en ella por un agujero), y el movimiento de estas partículas me descubrió los movimientos violentos que agitaban el espíritu de vino en el tubo del termómetro.

Este tubo, que tenia $\frac{44}{100}$ de diámetro interior, era

muy delgado , el vaso era muy transparente y sin color , lo que hacia el fenómeno muy claro , y al mismo tiempo presentaba un espectáculo agradable. Exâminando el movimiento del espíritu de vino con un vidrio convexô , observé que la corriente que *subia* , ocupaba el *exe del tubo* , y que el líquido baxaba á lo largo de las partes laterales.

Inclinando un poco el tubo , la corriente que *subia* salía del *exe* , y ocupaba la parte superior del tubo , mientras que la corriente que baxaba ocupaba toda la parte inferior.

Quando se aceleraba el enfriamiento del espíritu de vino humedeciendo el tubo con agua al temple del yelo , las velocidades de estas dos corrientes , la una que *subia* , y la otra que baxaba , estaban sensiblemente agitadas.

La velocidad de estas corrientes se disminuía gradualmente á medida que el termómetro se enfriaba ; y quando el licor habia adquirido casi el temperamento del ayre de la pieza , cesaba enteramente el movimiento.

Cubriendo la bola del termómetro con una piel ó con otra qualquier cubierta de abrigo , puede prolongarse el movimiento por largo tiempo.

Repetí el experimento con un termómetro precisamente de las mismas dimensiones , que hice llenar con aceyte de linaza , y las apariencias fuéron por todos respectos las mismas. La direccion de las corrientes y las partes del tubo que ocupaban fuéron semejantes , y su movimiento parecia tan rápido como los de los termómetros llenos de espíritu de vino.

No dudé pues sobre la causa de estos fenómenos,

y quedé persuadido de que el movimiento en los líquidos nacia de que sus partículas iban á deponer *individualmente* y por un orden sucesivo su calor contra las partes frias del tubo, del mismo modo que he demostrado que las partículas de ayre comunican su calor á otros cuerpos, de donde concluí que los líquidos que habia empleado, y probablemente otros cualesquiera, eran en efecto *no-conductores* del calor, ó que el calor no se propagaba en ellos *sino en consecuencia del movimiento interior* de sus partículas; en este supuesto, todo lo que se dirigiese á obstruir sus movimientos deberia ciertamente retardar la operacion, y hacer la propagacion del calor mas lenta y mas dificil. Habia notado que este hecho estaba demostrado relativamente al ayre; y aunque (segun la influencia de una preocupacion antigua y profundamente arraigada) hubiese concluido con demasiada precipitacion, en vista de un experimento muy imperfecto, que esto no tenia lugar en el agua, hallé en este caso razones poderosas para dudar de este resultado, y nuevos motivos para exâminar este punto con mas cuidado y atencion.

Juzgué que el mejor modo de proceder en esta investigacion seria el de seguir el mismo método que habia adoptado en los experimentos relativos á la facultad conductora del ayre. Preparé pues lo conveniente para estas operaciones. El primer objeto que me propuse fue el de descubrir si la propagacion del calor por medio del agua se obstruiria ó no poniendo obstáculos al movimiento interno que podia ocasionar la mutacion de temperamento en las partículas del agua: procuré hacer pasar una cierta cantidad de

calor por el medio de una cantidad determinada de agua pura confinada en un cierto espacio ; y observando el tiempo empleado para esta operacion, repetí el experimento con la misma proporcion , con sola la diferencia de que en esta segunda prueba en lugar de ser pura el agua que debia atravesar el calor , estaba mezclada con una cantidad muy pequeña de pelusa muy fina (por exemplo la pluma fina) , que sin alterar ninguna de sus propiedades químicas , y sin disminuir su fluidez , servia solamente para obstruir é impedir el movimiento de las partículas de agua quando transportasen el calor , en el caso en que este fuese realmente conducido de este modo , y no pasase libremente por medio del líquido.

El cuerpo que recibia el calor , y que servia al mismo tiempo para medir su intensidad , era un termómetro grueso de forma cilíndrica. (*Véase la fig. 1.^a*) El receptáculo de este termómetro , que es de laton muy fino , es de forma cilíndrica : sus dos extremidades terminan en hemisferios.

Sus dimensiones son las siguientes:

Dimensiones del receptáculo del termómetro.	{	Diámetro.....	25,6 líneas.
		Longitud.....	72,9
		Cavida.....	183,6
		Superficie exterior.	400,3

Lo grueso de la hoja de laton , de que está formado este receptáculo , es de 0,417 líneas. Su peso , estando vacío , es de 1846 granos : puede contener 3344 granos de agua al temperamento de 55°. Este cilindro de cobre tiene un tubo de vidrio de 27 pies , 9,6 líneas

de longitud , y de $\frac{4}{10}$ 5,56 líneas de diámetro , acomodo-

dado por medio de un tapon de corcho á un tubo cilíndrico ó cuello de cobre de 1 pulgada 1,9 línea de largo y 9,03 líneas de diámetro inmediato al cilindro de metal.

Estando este termómetro lleno de aceyte de linaza, y graduada su escala, se le fixa en el exe de un cilindro hueco de laton muy fino de 159,85 líneas de largo, y de 32,436 líneas de diámetro interior. Este cilindro, que está abierto por una de sus extremidades, está cerrado por la otra con un fondo hemisférico, cuya convexidad está por la parte exterior. El cilindro pesa 2261 granos, y la hoja de laton de que está fabricado tiene 0,1779 líneas de grueso.

El cilindro de este termómetro se ha colocado en la parte inferior del tubo cilíndrico, y se ha mantenido en el exe de este tubo por medio de tres apoyos de madera de cerca de 1,39 línea de diámetro, y de 4,4 líneas de largo: estos apoyos estan fixos en tubos de laton muy finos de 1,39 línea de diámetro, y de 2,1 líneas de largo. Estos tubos muy cortos, que estan colocados á una distancia conveniente en el interior del tubo grande de cobre, hácia su extremidad inferior, y que estan fuertemente pegados á él por medio de una soldadura, sirven de cañoncito en el que entran las extremidades de las puntas de madera dirigidas interiormente hácia el exe del tubo grande cilíndrico, y estas puntas sostienen la extremidad del cilindro termométrico en su lugar. Su parte superior está apoyada en el exe del tubo de cobre, atravesando por medio de un tapon de corcho que cierra la extremidad del cilindro en *bg*.

El fondo del cilindro termométrico no descansa sobre el fondo hemisférico del cilindro de cobre, sino

que está sostenido á la distancia de 4,4 líneas por una punta de madera semejante á las que se acaban de describir , la qual está fixa en un cañoncito en medio del fondo de un tubo cilíndrico saledizo de abaxo en alto. La extremidad de todas estas puntas de madera que salen fuera de los cañoncillos en que estan fixas, reduce todo lo posible los puntos de contacto entre el cilindro del termómetro y sus apoyos. Quando el termómetro está en su lugar , tiene por todas partes un espacio vacío entre el receptáculo del termómetro , y la superficie interior del cilindro de cobre en que está apoyado. La distancia entre la superficie del cilindro termométrico y la superficie interior del cilindro hueco que lo contiene es de 3,49 líneas. Este espacio está destinado para contener el agua y las otras substancias que debe atravesar el calor llegando al termómetro ó abandonándolo. La cantidad de agua necesaria para llenar este espacio hasta 1,2 línea sobre la extremidad superior del cilindro del termómetro pesa 2468 granos (1). Quando el termómetro está metido en esta agua , está en contacto perfecto con el líquido por toda su superficie , que, como hemos visto , es igual á 400,79 líneas quadradas.

Estando el cilindro del termómetro rodeado de agua , ó de otro qualquier líquido puro ó mezclado, con el qual se quiera determinar la facultad conductora , se hace entrar en el cilindro de cobre un cilindro de corcho de un diámetro poco menor que el del

(1) Estos granos , de que en adelante se habla , y de que estan llenas las tablas , son de libra francesa , la qual se compone de 4608 granos , á diferencia de la castellana , que solo tiene 4328. Se advierte esto para que se tenga presente en todos los cálculos sucesivos.

cilindro de cobre de cerca de 6,9 líneas de largo con un agujero en el centro , por el qual pasa libremente el tubo del termómetro , sin baxarle mucho , para que pueda tocar la superficie del agua ó de qualquiera substancia que rodee al termómetro. Este cilindro ó disco está sostenido en su lugar por medio de tres alfileres de cobre que estan pegados con soldadura al cuello exterior del globo metálico del termómetro, como se ve en la letra *h*.

Luego que se coloca en su lugar este disco , se llena de pluma suave la parte superior del cilindro hueco , y se le cierra por lo alto con su tapon de corcho , y el tubo del termómetro que atraviesa por medio de este tapon llega hasta lo alto. Como toda la escala del termómetro desde el punto de congelacion hasta el de agua hirviendo está baxo la superficie de este tapon , pueden observarse en todo tiempo sin alterar su disposicion , todas las variaciones del temperamento á que puede estar expuesto.

Este termómetro está dividido segun la escala de Fahrenheit , y sus divisiones corresponden exáctamente á las de un termómetro excelente de mercurio hecho por *Troughton*.

Los experimentos que he hecho con este instrumento , que llamaré para distinguirlo de los otros *termómetro cilíndrico de paso* , se han manejado del modo siguiente.

Estando el termómetro fijo en su tubo cilíndrico de cobre del modo que ya he descrito arriba , y rodeado de la substancia , cuya facultad conductora debia ser determinada se colocó el instrumento en el hielo principiando á derretirse , y se le dexó en él hasta que

el termómetro baxó á 32° : se le sacó en seguida del hielo derretido , y se le metió en un vaso grande de agua hirviendo , y la potencia conductora de la substancia , que era el objeto del experimento : se computaba por el tiempo que el calor gastaba en atravesar por medio de ella para llegar al termómetro ; se señalaba exáctamente el tiempo en que el licor del instrumento llegó al grado quarenta de la escala , y á cada veintena de grados sobre este término.

Como está aprobado , que quanto mas lento es el movimiento ó el paso del calor del medio de qualquier cosa , tanto mas dilatado debe ser el tiempo necesario para que una cantidad cierta de calor lo atraviese ; y como el termómetro indica las variaciones , de que es capaz el temperamento del cuerpo que se calienta ó enfria , en consecuencia del paso del calor al traves del medio que rodea este instrumento , la facultad conductora de este medio se valúa por la ligereza del ascenso ó descenso del licor del termómetro , quando habiendo llegado este instrumento anteriormente á un cierto temperamento , se le saca repentinamente , y se le mete en otro medio , ó en otro qualquier temperamento determinado.

Conservaba aun la memoria de lo que habia experimentado tantas veces al comer tortas de manzanas , y deseaba saber si las manzanas , que en la mayor parte se componen de agua , retenian mas eficazmente el calor que lo que lo retiene este líquido en toda su pureza y sin mezcla de otras substancias ; pero antes de hacer este experimento , para que su resultado fuese mas convincente , determiné del modo siguiente qué cantidad de agua contienen realmente las manzanas , y

la proporcion que hay éntre sus partes fibrosas y todo su volúmen.

Se laváron en una cantidad grande de agua fresca 960 granos de manzanas hervidas (habiéndolas pelado con cuidado, y quitádoles los cabos y pepitas antes de la coccion), se vertió sobre ella agua clara hasta cubrirla, y habiéndose secado bien la parte fibrosa que ocupaba el fondo, se vió que pesaba exáctamente 25 granos.

Habiéndose vuelto á lavar en una nueva cantidad de agua esta misma parte fibrosa, y secado despues en el fondo, se expuso por muchos dias en un plato de porcelana colocado sobre una estufa constantemente caliente, se pesó el residuo, y no tenia mas que

$$18\frac{9}{16}.$$

Segun este experimento, parece que la parte fibrosa de las manzanas cocidas es un poco menos que la quinquagésima parte de la masa, de donde con razon puede inferirse, que llegando el residuo á $\frac{49}{50}$ mos. del total, no es otra cosa sino agua pura.

Rodeé el globo de mi termómetro cilíndrico de una cierta cantidad de manzanas hervidas y deshechas (pero en una consistencia muy distante de la fluidez). El instrumento se colocó en el hielo que principiaba á derretirse, y quando el termómetro indicó que el todo estaba frio al temperamento de 32° , se sacó el instrumento del hielo y se le metió en un vaso grande de agua hirviendo; conservándose esta en el mayor hervor durante todo el experimento, se observó exáctamente el tiempo en que llegó el líquido termo-

métrico á cada una de las divisiones distantes entre sí 20 grados subiendo desde el término del hielo.

Se repitió y varió dos veces el experimento calentando el instrumento hasta el temperamento del agua en estado de hervor, metiéndolo despues en el hielo quebrantado, y observando el tiempo empleado por el calor para salir del termómetro; saqué del cilindro las manzanas cocidas que rodeaban el instrumento, y llenando de agua pura el espacio que ocupaba, repetí los experimentos.

Las tablas siguientes indican el resultado.

Tiempo que ha tardado el calor en penetrar el termómetro.				
Para llevar el termómetro del temperamento desde	Por medio de las manzanas cocidas.		Por medio del agua.	
	Experi- mento núm. 1.	Experi- mento núm. 3.	Experi- mento núm. 5.	Experi- mento núm. 7.
	Segundos	Segundos.	Segundos.	Segundos.
32° al de 40°.....	95	89	45	45
desde 40° á 60°.....	75	65	36	35
desde 60° á 80°.....	61	56	34	31
&c. 100°.....	65	60	30	30
120°.....	73	66	37	36
140°.....	90	82	44	44
160°.....	121	113	63	60
180°.....	188	170	93	90
200°.....	360	364	226	215
Total del tiempo gastado para llevar el termómetro desde 32° á 200°.....	1128	1057	608	586
Tiempo gastado en elevar el termómetro desde 80°, á saber, de 80° á 160°...	349"	321"	174"	170"

Tiempo me-
 dio para ele-
 varlo desde } Por medio de las manzanas cocidas. 335"
 80° á 160°... } Por medio del agua pura..... 172"

El resultado de estos experimentos demuestra que el calor pasa con mas lentitud ó con mas dificultad por medio de las manzanas cocidas que por medio del agua pura, y como aquellas no son casi otra cosa que agua mezclada con una pequeña porcion de materia fibrosa

y mucilaginosa, resulta que se puede disminuir la potencia conductora del agua con respecto al calor.

Los resultados del experimento siguiente servirán para confirmar esta conclusion.

	Tiempo gastado por el calor para salir del termómetro.			
	Por medio de las manzanas cocidas.		Por medio del agua.	
	Experi- mento núm. 2.	Experi- mento núm. 4.	Experi- mento núm. 6.	Experi- mento núm. 8.
	Segundos.	Segundos.	Segundos.	Segundos.
Para enfriar el termómetro desde el temperamento de 200° al de 180°...	80	74	46	37
desde 180° á 160°...	75	72	42	37
desde 160° á 140°...	84	83	43	43
120°...	107	101	54	51
110°...	141	136	73	73
80°...	198	190	112	105
60°...	321	307	200	204
40°...	775	733	483	461
Total del tiempo gastado en enfriar el termómetro desde 200° á 40°.....	1781	1696	1053	1011
Tiempo gastado en enfriar el instrumento hasta 180°, á saber, desde 160° á 80°.....	530"	510"	282"	272"

Tiempo me- dio para en- friarle desde 180° á 80°...	} En las manzanas cocidas.....	520"
		} En el agua pura.....	277"

Como el recalentarse ó enfriarse del termómetro se ha verificado con mucha lentitud hácia el tempera-

mento del medio que le circunvalaba, ínterin que por la otra parte se efectuó en el instante, quando se sumergió repentinamente, y era su temperamento tan diverso del del medio, contribuyen ambas circunstancias á que esten mas sujetas á error las observaciones hechas en los extremos de la escala, y por consiguiente menos seguras que las que se han hecho á alguna distancia de los extremos. Para evitar el influxo que producen estas faltas inevitables de exâctitud en las deducciones generales, sacadas del resultado de estos experimentos en lugar de valuar la potencia conductora del medio por el tiempo necesario para calentar ó para resfriar el termómetro *en toda la longitud de su escala*, ó entre el punto de congelacion, y el del agua hirviendo, he considerado el tiempo que tarda para calentarse ó enfriarse en los 80 grados que ocupan la parte media de la escala, á saber, entre 80 y 160 grados, como que es la medida de las potencias conductoras de las substancias que debia penetrar el calor.

He señalado no obstante el tiempo transcurrido para calentar y para enfriar dicho termómetro en un intervalo mayor, á saber, durante el de 168 grados en recalentarse, ó de los 32 grados á los 200, y en refrescarse de 160 grados, ó de 200 hasta 40.

Con respecto á lo que tarda en enfriarse el termómetro, debo decir al lector, que aunque en las tablas de experimentos no he hecho mencion de temperamento mayor que el de 200 grados, en que le calentaba hasta el estado del agua hirviendo, baxo la pression media de la atmósfera en Munich, subia casi á los $209^{\circ}\frac{1}{2}$ de la escala de Fahrenheit. El aparato perma-

necia sumergido en el agua hirviendo hasta que se fijaba el termómetro ; se sacaba entonces del agua , se le metia entre yelo quebrantado , y se observaba exáctamente el instante en que llegaba el licor á la division de la escala que indicaba 200 grados, lo mismo que el momento en que llegaba á las demas divisiones indicadas en la tablas.

Con respecto á los quatro experimentos últimos (números 2, 4, 6, 8) , si se exáminan sus resultados , se hallará que corresponden exáctamente con los que acabo de manifestar , y prueban en verdad de un modo decisivo: *que ciertas substancias mezcladas con agua en pequeñas porciones disminuyen considerablemente la potencia conductora de este fluido con respecto al calor.*

En los experimentos núm. 1 y 2 que se hicieron el mismo dia , y con el orden en que estan numerados, el calor se ha obstruido mucho mas al atravesar la carnosidad de las manzanas cocidas que rodeaba al termómetro que en los experimentos números 3 y 4 que se hicieron al dia siguiente. Es probable que esto se haya verificado porque su carnosidad habia adquirido mas consistencia ínterin que se habia dexado reposar el instrumento en el interválo de los experimentos; pero en vez de procurar explicar cómo ha sucedido esto , continuaré dando cuenta del resultado de algunos otros experimentos que darán nociones mas claras que todos los razonamientos que se pudieran hacer sobre este asunto. Suponiendo que el calor se propague en el agua del mismo modo que en el ayre y en los demas fluidos elásticos, conviene á saber , que sea trasladado por las moléculas del líquido que estan en mo-

vimiento á causa de la alteracion originada en su gravedad específica en razon de la mutacion de temperamento , y que no haya comunicacion ni cambio alguno de calor entre las partículas de este mismo fluido ; en este caso es evidente que la propagacion del calor en un fluido puede ser obstruida de dos modos: primero , disminuyendo la fluidez del medio , lo que se puede efectuar disolviendo alguna substancia mucilaginosas: segundo, estorbando el movimiento de sus partículas al trasladarse el calor , lo que se puede verificar mezclando alguna substancia sólida con el líquido, no-conductora de calor que esté debilitada, ó que tenga una superficie muy considerable con respecto á su solidez.

En el experimento anterior hecho con la carnosidad de las manzanas cocidas , el paso del calor por el agua que componia la mayor parte de su masa , ha sido sin duda obstruido de estos dos modos. Las partes mucilaginosas de las manzanas cocidas disminuian mucho la fluidez del agua , al mismo tiempo que sus partes fibrosas contribuian á estorbar su movimiento interior.

Para descubrir los efectos comparativos de estas dos causas , me pareció necesario separarlas , ó imaginar experimentos en donde no se dexara obrar sino á una de ellas , y esto es lo que procuré hacer del modo siguiente.

Para determinar los efectos producidos por la disminucion de la fluidez del agua mezclé 192 granos de almidon con 2276 de agua , y para determinar por otra parte quales eran los efectos de los simples obstáculos opuestos á la traslacion de las moléculas , eché

tambien igual cantidad de pelusa. Se coció esta especie de cola ó engrudo con el agua. Tambien se coció con ella la pelusa para desembarazarla enteramente del ayre que está unido con ella.

Para que se puedan comparar mas fácilmente estos experimentos con los que se han hecho con la carnosidad de las manzanas y el agua pura, pondré sus resultados en la misma tabla.

Para calcular el tiempo que tarda en hervir el agua pura.			
Temperatura del agua.	Temperatura del fuego.	Temperatura del vapor.	Temperatura del ambiente.
23.5	75	101	101
24.5	75	101	101
25.5	75	101	101
26.5	75	101	101
27.5	75	101	101
28.5	75	101	101
29.5	75	101	101
30.5	75	101	101
31.5	75	101	101
32.5	75	101	101
33.5	75	101	101
34.5	75	101	101
35.5	75	101	101
36.5	75	101	101
37.5	75	101	101
38.5	75	101	101
39.5	75	101	101
40.5	75	101	101
41.5	75	101	101
42.5	75	101	101
43.5	75	101	101
44.5	75	101	101
45.5	75	101	101
46.5	75	101	101
47.5	75	101	101
48.5	75	101	101
49.5	75	101	101
50.5	75	101	101
51.5	75	101	101
52.5	75	101	101
53.5	75	101	101
54.5	75	101	101
55.5	75	101	101
56.5	75	101	101
57.5	75	101	101
58.5	75	101	101
59.5	75	101	101
60.5	75	101	101
61.5	75	101	101
62.5	75	101	101
63.5	75	101	101
64.5	75	101	101
65.5	75	101	101
66.5	75	101	101
67.5	75	101	101
68.5	75	101	101
69.5	75	101	101
70.5	75	101	101
71.5	75	101	101
72.5	75	101	101
73.5	75	101	101
74.5	75	101	101
75.5	75	101	101
76.5	75	101	101
77.5	75	101	101
78.5	75	101	101
79.5	75	101	101
80.5	75	101	101
81.5	75	101	101
82.5	75	101	101
83.5	75	101	101
84.5	75	101	101
85.5	75	101	101
86.5	75	101	101
87.5	75	101	101
88.5	75	101	101
89.5	75	101	101
90.5	75	101	101
91.5	75	101	101
92.5	75	101	101
93.5	75	101	101
94.5	75	101	101
95.5	75	101	101
96.5	75	101	101
97.5	75	101	101
98.5	75	101	101
99.5	75	101	101
100.5	75	101	101

Tiempo que el calor ha tardado en llegar al termómetro.				
	Por medio de una mezcla de 2276 grs. de agua, y de 192 de almidón.	Por medio de una mezcla de 2276 grs. de agua, y de 192 de pelusa.	Por medio de las manzanas cocidas.	Por medio del agua pura.
	Experimento núm. 9.	Experimento núm. 11.	Término medio de los experimentos n. 1 y 3.	Término medio de los experimentos n. 5 y 7.
	Segundos.	Segundos.	Segundos.	Segundos.
Para calentár el termómetro desde 32° á 40°.....	101	83	92	45
desde 40° á 60°.....	72	55	71	35½
desde 60° á 80°.....	64	49	58½	32½
100°...	63	52	62½	30
120°...	74	57	69½	36½
140°...	89	67	86	44
160°...	115	93	117	61½
180°...	178	133	179	91½
200°...	453	360	362	220½
Total del tiempo empleado para calentar el instrumento desde 32° á 200°.	1109	949	1096½	597.
Tiempo empleado para elevar el termómetro á los 80°, á saber, desde 80° á 160°.....	341"	269"	335"	172"

Tiempo que ha empleado el calor para salir del termómetro.

	Por medio de una mezcla de 2276 grs. de agua, y de 192 de almidon.	Por medio de una mezcla de 2276 grs. de agua, y de 192 de pelusa.	Por medio de las manzanas cocidas.	Por medio del agua pura.
	Experimento núm. 10.	Experimento núm. 12.	Término medio de los experimentos n. 2 y 4.	Término medio de los experimentos n. 6 y 8.
	Segundos.	Segundos.	Segundos.	Segundos.
Tiempo empleado para enfriar el termómetro desde 200° á 180°	69	68	77	41½
desde 180° á 160° ...	66	61	73½	39½
desde 160° á 140° ...	74	72	83½	43
120° ...	92	91	104	52½
100° ...	119	120	138½	73
80° ...	173	177	194	108½
60° ...	283	279	314	202
40° ...	672	673	754	472
Total del tiempo empleado para enfriar el instrumento desde 200° á 40°	1548	1541	1749½	1032
Tiempo empleado en enfriarlo hasta los 80°, es á saber, desde 160° á 80°	468"	460"	520"	277"

Como los resultados de estos experimentos prueban del modo mas terminante que la propagacion del calor se retarda en el agua, no solamente por las substancias que disminuyen su fluidez, sino tambien por aquellas que mecánicamente y sin combinacion con ella

estorban el movimiento interior de sus moléculas , resulta en mi concepto probado con toda certeza , que el calor se propaga en el agua en virtud del movimiento interior de sus partículas , ó que es conducido y trasladado por las moléculas de este líquido , que no se propaga espontáneamente , y que no se extiende como antes se creía.

He afirmado en una Memoria inserta en las transacciones filosóficas del año de 1792 , y juzgo que lo he demostrado que el calor se propaga realmente en el ayre del mismo modo que supongo aquí que se propaga en el agua ; y si se alteran las potencias conductoras de ambos fluidos por los mismos medios , se puede inferir justamente que estas substancias conducen el calor de un mismo modo.

La pelusa no puede alterar de ningun modo las qualidades específicas de estos fluidos ; quando está mezclada con ellos no hace otra cosa que obstruir sus movimientos interiores , y el experimento demuestra que su intervencion ha retardado considerablemente la propagacion del calor en cada uno de ellos. Comparando estos experimentos con los que se hiciéron anteriormente sobre la potencia conductora del ayre , se hallará que se ha disminuido casi tanto la potencia conductora del agua por la mezcla de la pelusa como la del ayre.

En los varios experimentos hechos con diversas substancias empleadas para formar cobertizos artificiales á fin de contener el calor , he hallado que el grueso de una capa de ayre que le servia de barrera en permaneciendo esta en la misma disposicion , se hacia mas difícil el paso del calor por medio de ella , así

que se aumentaba la porcion de la substancia ligera esparcida para obstruir los movimientos interiores de las moléculas de ayre.

Para averiguar si resultarían efectos idénticos de los mismos medios en el caso en que se precise al calor á atravesar el agua, repetí el experimento con la pelusa, reduciendo la porcion que estaba mezclada con el agua á 49 granos, ó sea á una quarta parte de la empleada en los experimentos n. 11 y 12.

El resultado de estos experimentos, y su comparacion con los que ya he referido se hallan en la tabla siguiente.

Tiempo que el calor ha tardado en pasar el termómetro.			
	Por medio del agua con 48 granos, ó $\frac{1}{50}$ de su masa de pelusa.	Por medio del agua con 192 granos, ó $\frac{4}{50}$ de su masa de pelusa.	Por medio del agua pura.
	Experimento núm. 13.	Experimento núm. 11.	Término medio de los experimentos núm. 5 y 7.
Para calentar el termómetro desde	Segundos.	Segundos.	Segundos.
32° á 40°.....	51	83	45
desde 40° á 60°...	47	55	35
desde 60° á 80°...	39	49	32½
100°...	40	52	30
120°...	45	57	36½
140°...	56	67	44
160°...	74	93	61½
180°...	118	133	91½
200°...	293	360	220½
Total del tiempo empleado para calentarlo desde 32° á 200°.....	763	949	597
Tiempo empleado para calentarlo á los 80°, ó desde 80° á 160°.....	215"	269"	172"

Tiempo empleado por el calor para salir del termómetro.			
	Por medio del agua con $48 \frac{1}{50}$ granos, $6 \frac{1}{50}$ de su masa de pelusa.	Por medio del agua con 192 granos, $6 \frac{4}{50}$ de su masa de pelusa.	Por medio del agua pura.
	Experimento núm. 14.	Experimento núm. 12.	Término medio de los experimentos núm. 6 y 8.
	Segundos.	Segundos.	Segundos.
Para enfriar el termómetro desde 200° á 180°	49	68	$41 \frac{1}{2}$
desde 180° á 160° ...	50	61	$39 \frac{1}{2}$
desde 160° á 140° ...	56	72	43
120°...	70	91	$52 \frac{1}{2}$
100°...	96	120	73
80°...	151	177	$108 \frac{1}{2}$
60°...	262	279	202
40°...	661	673	472
Total del tiempo empleado para enfriar el termómetro desde 200° á 40° ...	1395	1541	1032
Tiempo empleado en enfriarlo hasta los 80° , es decir, desde 160° á 80°	373"	470"	277"

Los resultados de estos experimentos son muy interesantes: hacen conocer un hecho igualmente nuevo y curioso, es á saber, que la pluma y otros cuerpos semejantes, que empleados en el ayre suministran, como se sabe, cobertizos muy capaces de contener el calor, sirven no solamente para lo mismo en el agua, sino que su efecto para estorbar el paso del calor se

manifiesta mas en el agua que en el ayre.

Este descubrimiento , si no me engaño , da muchas luces sobre una de las partes mas interesantes del órden de la naturaleza , y suficientes nociones sobre las causas finales de los fenómenos que hasta ahora no se han podido explicar.

Como el agua líquida es el vehículo del calor y de la nutricion , y por consiguiente de la vida en todos los seres animados , y como el agua abandonada á sí misma se hiela hasta un grado de frialdad mucho menos considerable que el que se experimenta en los climas frios , se debe suponer que la sabiduría del Criador tomó medidas eficaces para que una porcion suficiente de este líquido exístia siempre en su estado de fluidez , á fin de mantener el principio de la vida durante los grandes frios ; y esto es lo que sucede verdaderamente , porque se ve que las plantas y los animales resisten á los inviernos mas largos y mas frios ; pero los medios que ha tomado la Providencia para producir este efecto maravilloso no se han desenvuelto aun , á lo menos por lo que dice relacion con los vegetales.

Pero como la organizacion de los animales y de los vegetales se diferencia esencialmente por muchos respetos , es muy natural suponer que los medios empleados para preservarlos del efecto fatal de la congelacion de sus fluidos deben ser muy diversos.

Entre los cuerpos organizados que viven sobre la superficie de la tierra , y que por consiguiente estan expuestos á las vicisitudes de las estaciones , se halla que quanto es mas grande la proporcion de los fluidos con los sólidos , deben ser mas fuertes el calor y la

robustez que han de sostener la vida, y tanto menos susceptibles de sufrir una alteracion considerable en su temperamento.

La proporcion de los fluidos con los sólidos es mucho mas considerable en los animales que en los vegetales; y para mantener en su interior la cantidad de calor necesaria para la conservacion de la vida, los animales estan por la mayor parte provistos de pulmones, y se calientan por la misma causa que produce el calor durante la combustion de las materias inflamables.

Entre los vegetales se nota que aquellos que tienen mas xugo se reproducen todos los años. No teniendo pulmones que puedan sostener el calor en la gran masa del líquido, de que estan llenos sus delicados vasos, solo existen mientras que el influxo benigno del sol calienta y anima su débil vitalidad. Percen y mueren luego que les falta este auxilio.

En los paises frios se hallan muchas plantas delicadas que perecen en el otoño, mientras que su raiz conserva aun durante el invierno un principio de vida, que les hace brotar nuevos retoños ó vástagos en primavera. Examinando su organizacion interior se verá que sus raices son mas densas y mas compactas que el tallo, ó que tienen vasos mas pequeños, y menor porcion de fluido.

Entre los árboles que pueblan los montes vemos constantemente que los que tienen una porcion grande de líquido ligero y acuoso, no solo pierden sus hojas al fin de cada año, sino que el hielo los daña, y algunas veces los pierde. Muchos millares de los mejores nogales perecieron en el Palatinado durante el

rigoroso invierno de 1788; y se ha visto que la mayor parte de las plantas de nuestros climas, que no tienen raíces profundas, no pueden sufrir el frío excesivo del polo.

Los árboles que crecen en estas inmediaciones incultas, y que resisten al frío del invierno mas cruel, tienen muy poco líquido acuoso: el xugo que circula en sus vasos es espeso y viscoso, y no se puede decir que sea fluido. ¿No hay pues motivo para creer que el fin del Criador ha sido el que estos árboles no estuviesen privados de su calor, ni que pudiesen en el invierno?

Hemos visto en los experimentos anteriores quan retardada es la propagacion del calor en los líquidos, á medida que se disminuye su fluidez; ¿y quién sabe si existe este influxo siempre, mientras hay algun grado de fluidez?

Como los troncos y las ramas de los árboles no estan cubiertos durante el invierno, por la nieve que preserva sus raíces del frío de la atmósfera, es evidente que han sido necesarias medidas extraordinarias para impedir que se hielen. La corteza de los árboles, que la naturaleza ha destinado para sufrir un excesivo grado de frío, forma una cubierta de mucho abrigo; pero este medio solo no bastaria para preservarlos del frío. El xugo de todos los árboles, que son susceptibles de un hielo fuerte y continuo, llega á espesarse y hacerse viscoso con la proximidad del invierno. ¿Cuál seria el fin de esta mutacion sino el que he indicado? Seria locura sostener que esta mutacion no tiene objeto.

Hemos visto en los experimentos anteriores quan-

to retardaría una simple obstrucción del movimiento interior de las moléculas la propagación del calor en los líquidos, y de consiguiente quanto impediría su salida; y quando se considera la extremada pequeñez de los vasos por donde circula el xugo en los vegetales, y particularmente en los árboles grandes; quando se reflexiona que la substancia de que estan formados estos pequeños tubos es uno de los mejores no-conductores del calor que se conocen (1); quando se observa tambien el aumento de obstrucción al paso del calor que resulta del de la viscosidad en el xugo durante el invierno, y del obstáculo casi insuperable que presenta la corteza, no hay dificultad en conocer el modo de conservar los árboles durante el invierno, á pesar de la fuerza de los hielos á que estan expuestos todos los años.

Segun el mismo principio se puede conocer el modo con que se conservan las peras, las manzanas y otros frutos diversos, sin embargo del grado de frio á que estan expuestos freqüentemente, y que re-

(1) He descubierto últimamente por casualidad una prueba convincente de la extremada dificultad con que el calor atraviesa la leña. Estaba en la fundicion de Munich quando iban á fundir cañones, y observé que el fundidor se servia de un hurgon para menear el metal derretido. Este hurgon tenia una tableta de encina, cortada recientemente, de diez pulgadas en quadro y dos de grueso, con un mango de madera que pasaba por un agujero hecho por medio de él: como se servia freqüentemente de este hurgon, y quedaba mucho tiempo en el baño metálico, cuyo calor es excesivo, quedé sorprendido de ver que no se consumia. Pero aun lo quedé mas examinando la parte del hurgon que habia estado dentro del baño al ver que el calor habia penetrado á una profundidad tan poco considerable, que á la vigesima parte de una pulgada sobre la superficie la madera no parecia haber sido atacada por el calor: su color no se habia mudado, y conservaba la humedad que tiene ordinariamente la madera verde.

duciria igual volúmen de agua pura á una masa de hielo.

Mientras que el pellejo compacto del fruto impide la evaporacion de sus partes fluidas, lo que no sucederia sin perder mucho de su calor, el movimiento interior de estos mismos fluidos está de tal modo obstruido por las divisiones sutiles de las innumerables casitas en donde se encierran, que la comunicacion del calor debe, segun nuestra hipótesis, ser excesivamente lenta y difícil. Estas frutas acaban por helarse quando el frio es bastante considerable: pero es preciso tener presente que se componen casi enteramente de aquella clase de líquidos que el frio no hace viscosos, y que por otra parte la naturaleza no ha destinado estos frutos para resistir á un grado de frio muy considerable.

Las zanahorias, las chirivías y otras raices sufren el frio sin helarse, y mucho mas tiempo que las manzanas y las peras; pero estas legumbres son menos aquosas que las frutas: creo por otra parte que los vasos que contienen sus fluidos son de una capacidad menor: estas dos circunstancias reunidas deben, segun los principios expuestos anteriormente, impedir la salida del calor que contienen, y de consiguiente retardar su congelacion.

Pero hay todavía una circunstancia muy notable, que, si se verifican nuestras conjeturas sobre el modo con que se propaga el calor en estos líquidos, debe tener un influxo grande en la conservacion del calor, y de consiguiente en la de la vida animal y vegetal en los climas frios.

Pero como la probabilidad de todas estas deduc-

ciones depende en gran parte de la evidencia con que se demostrará el hecho principal que las establece, á saber, el movimiento interior de los líquidos, que tiene lugar *necesariamente* quando estan calientes, ó quando estan frios, antes de continuar mis investigaciones en esta parte procuraré adquirir algunas luces sobre este objeto curioso ó interesante.

CAPÍTULO II.

Nuevas investigaciones sobre el movimiento interior que hay en las partículas de los líquidos quando vuelven á calentarse ó enfriarse. Descripción de una operacion por medio de la qual pueden percibirse estos movimientos en el agua. Detalle de varios experimentos de recreo que se han hecho con este instrumento. Estos conducen á un descubrimiento importante: el calor no puede propagarse de alto á baxo en los líquidos mientras estan condensados por el frio. La experiencia prueba que el hielo se derrite ochenta veces mas lentamente quando se derrama sobre su superficie agua hirviendo. Puede explicarse el modo con que se derrite el hielo quando se derrama agua sobre su superficie, suponiendo tambien que el agua es un excelente no-conductor del calor, siguiendo la hipótesis indicada: el agua que no está mas que á 8 grados (del termómetro de Fahrenheit) baxo el punto de congelacion , ó al temperamento de 40 grados , deberia derretir tanto hielo en un tiempo determinado quando se derrama sobre su superficie , quanto derretiria un volumen igual del mismo fluido á un temperamento mas alto, aun en el mismo grado de hervor. Este hecho extraordinario está probado con muchos experimentos decisivos. El agua en el temperamento de 41 grados derrite aun mas nieve quando se derrama sobre su superficie que el agua hirviendo. El resultado de todos estos experimentos prueba que el agua es un excelente no-conductor de calor, ó que este no se propaga sino por virtud del movimiento que causa en las partículas de este fluido , las

quales por sí mismas no tienen ninguna comunicacion calorífica recíproca. Este descubrimiento nos manifiesta una de las escenas mas vastas y mas interesantes de la economía de la naturaleza.

Las moléculas integrantes del agua , como las de todos los fluidos , son sumamente pequeñas para que nuestros sentidos puedan percibirlas , y sus movimientos son de consiguiente imperceptibles ; pero continuamente tenemos motivo de juzgar con la mayor certeza de los movimientos invisibles de los fluidos por los que se observan en los cuerpos visibles. El ayre es un fluido invisible ; pero adquirimos nociones muy exáctas sobre los movimientos de este fluido por el polvo y otros cuerpos ligeros que lleva consigo quando se mueve. Los que han observado el modo con que un torbellino de viento limpia la superficie de un campo labrado en tiempo seco , no pueden dudar de la naturaleza de los movimientos que hay en el ayre en semejantes ocasiones, aunque sean sumamente complicados y difíciles de describir.

Por medio de los movimientos de las partículas del polvo , que se viéron con el auxilio de los rayos del sol casualmente, mezcladas con el espíritu de vino en mi grande termómetro , descubrí por la primera vez los movimientos interiores en este fluido quando se enfria ; y aprovechándome de este descubrimiento, procuré reconocer por medios semejantes los movimientos interiores del agua. Conocí bien pronto que podria hacerse esto con la mayor facilidad , si hallaba un cuerpo sólido , de un peso específicamente igual al del agua , que pudiese mezclarse con ella sin peligro.

de disolucion, cuyas partículas no pudiese reducir el agua al punto de invisibles; pero no pude hallar una substancia de esta clase; y reflexionando en ello, me convencí de que era gran felicidad no hallar muchas de este género, porque de hallarlas se proporcionaria difícilmente agua pura.

La imposibilidad de encontrar una substancia sólida que conviniese para mi proyecto, y que tuviese la misma gravedad específica que el agua pura, me condujo á valirme del medio siguiente.

Examinando las tablas de la gravedad específica de diversos cuerpos, noté que la del ámbar amarillo excedia muy poco á la del agua; siendo la primera de 1,078, y la del agua de 1,000; me pareció que disolviendo en este líquido una cierta cantidad de sal álkalí, y aumentando de este modo su gravedad específica, podria hacerla precisamente igual á la del ámbar, sin disminuir la transparencia del líquido, y sin alterar sensiblemente su modo de recibir ó de transportar el calor.

Realicé esta idea con mejor éxito del modo siguiente. Me proveí de un cierto número de bolas de vidrio de diferentes dimensiones, con cuellos cilíndricos y largos: escogí una que tenía casi dos pulgadas de diámetro, con un cuello cilíndrico de tres cuartas de pulgada de diámetro, y de doce pulgadas de largo: puse en ella como media cucharada de las que sirven para el the de ámbar amarillo en polvo grueso (los pedazos que eran de forma irregular y transparentes tenían casi el tamaño de un grano de mostaza): le añadí una cierta cantidad de agua destilada al temperamento del ayre de mi habitacion (casi 60° F.).

Observando que el ámbar quedaba en el fondo del

globo, agregué al agua una solución penetrada de álkalí vegetal, en bastante cantidad para aumentar la gravedad específica del agua, ó mas bien la de la solución de sal desleída, hasta que principiases á nadar los pedazos del ámbar, ó quedasen en la apariencia sin movimiento en todas las partes del líquido en donde se hallaban suspendidas.

Como mi preparativo no estaba todavía en el estado que deseaba, continué añadiéndole la disolución alcalina y agua en cantidad conveniente, hasta que todo estuvo lleno, y que el líquido llegó hasta casi tres pulgadas del extremo del tubo cilíndrico; y entonces lo cerré con un tapon de corcho.

Después de haber meneado fuertemente el líquido contenido en este globo, le coloqué con su tubo cilíndrico en una posición vertical sobre un apoyo de madera; y le dexé reposar para ver quanto tiempo permanecian en este estado las partículas sólidas del ámbar amarillo, que parecian estar igualmente diseminadas entre toda la masa del líquido.

Aunque el mayor número de estas partículas no parecia desde luego tener ninguna tendencia á subir ó á baxar; sin embargo, algunas principiaron á descender con mucha lentitud; y como se movian confusamente en la misma parte del líquido, y al mismo tiempo con direcciones contrarias, pasando las que subian y baxaban con mucha frecuencia la una cerca de la otra para tocarse, vi que todos estos movimientos eran independientes de todo el movimiento interno del líquido, y que solo provenian de la diferencia de la gravedad específica que habia entre las moléculas del ámbar y las del líquido. Algunos peda-

zos de aquel, siendo evidentemente mas pesados que el líquido, se dirigian al fondo del vaso, mientras que otros mas ligeros se elevaban á la superficie.

Viendo pues que habia tanta diferencia en el peso específico de los diferentes pedazos de ámbar, añadí todavía una cierta cantidad de él; y dexando reposar la mezcla, despues de haberla meneado fuertemente, saqué con suavidad lo que se habia levantado á la superficie del líquido; y conservando solamente lo que habia baxado al fondo, aumenté la densidad del líquido añadiéndole un poco de la disolucion alcalina, hasta que los pedacitos pequeños de ámbar que testaban en el vaso quedasen suspendidos en las diferentes partes del fluido en donde parecian haberse fixado.

Ultimamente, pude proporcionar una preparacion que parecia en efecto propia para los experimentos mas interesantes que intentaba hacer, y puede creerse fácilmente que yo no perderia tiempo para usar de ella.

El primer experimento fue sumergir esta bola en una jarra grande de vidrio casi enteramente llena de agua hirviendo. El resultado fue precisamente como lo esperaba: al instante se formáron dos corrientes con direcciones opuestas, y principiáron á moverse con mucha mas aceleracion en el líquido contenido en el tubo cilíndrico: la corriente que subia ocupaba los costados del vaso, mientras que la que tenia una direccion contraria ocupaba su exe.

A medida que se calentaba el licor salino, se disminuia la celeridad de las corrientes, y finalmente quando el licor habia adquirido el temperamento del agua contenida en la jarra, cesaban del todo estos movimientos.

Sacando la bola del agua caliente principiaban los movimientos interiores del licor ; pero las corrientes mudáron sus respectivas direcciones : la que ocupaba el exe del tubo era en este caso la corriente que subia.

Quando el tubo cilíndrico en lugar de estar en una posicion vertical, estaba un poco inclinado, la corriente que subia ocupaba la parte superior, mientras que la inferior estaba ocupada por la corriente, que se dirigia abaxo con igual celeridad.

Quando el licor contenido en la bola habia adquirido el temperamento del ayre de la habitacion, cesaban estos movimientos ; pero volvian á principiar inmediatamente que se la exponia á alguna mutacion de temperamento.

En todos los casos en que recibia calor, la corriente en el exe del tubo cilíndrico, estando en una posicion vertical, ú ocupando su parte superior en caso de estar inclinado, se dirigia de alto á baxo. A proporcion que la bola perdia su calor, tomaba una direccion contraria el movimiento, esto es, de abaxo á arriba.

Una mutacion de temperamento de algunos grados solamente de la escala de Fahrenheit bastaba para poner en movimiento el licor contenido en el aparato, y el movimiento era mas ó menos rápido, segun la prontitud con que este líquido adquiria ó perdia su calor. En las partes de la bola en donde la comunicacion del calor era mas rápida, noté que el movimiento era mucho mas acelerado.

En todo tiempo se podia causar un movimiento igual en qualquier sitio de la bola, aplicándola un cuerpo mas caliente ó mas frio que ella misma. Si es-

te cuerpo era mas caliente que ella , el movimiento del licor salino en la parte que tocaba inmediatamente con el cuerpo caliente subia de abaxo arriba : quando era mas frio , este movimiento seria al contrario ; y quando un cuerpo frio ó caliente produxese una corriente que subiese ó baxase , ésta corriente produciria inmediatamente otro movimiento en otra parte con una direccion opuesta.

Inclinando el tubo cilíndrico de la bola sobre un ángulo de 45 grados , y colocando el medio de este tubo sobre la llama de una bugía á la distancia de tres ó quatro pulgadas , se veia el movimiento del fluido en la parte superior del tubo , que llegaba á un grado excesivo de rapidez , mientras que en la parte inferior que tocaba el globo , y en el mismo globo se observaba una quietud casi perfecta.

Observé tambien que podia realmente hacer hervir el fluido contenido en la parte superior del tubo , sin que se conociese en el tacto que la parte inferior se habia calentado de un modo sensible ; pero quando la llama se dirigia hácia la parte inferior del tubo , toda la inferior que tocaba con el líquido , y especialmente la superior quando estaba colocado en una posicion inclinada , en que la corriente que subia era la mas rápida , y en que esta se inclinaba contra el vaso , se calentaba pronta y considerablemente.

Los movimientos del líquido en las direcciones opuestas eran excesivamente rápidos por efecto de la aplicacion de un calor fuerte , y presentaban un espectáculo bastante curioso ; pero un observador instruido hallaria en esto algo mas que un objeto de entretenimiento ; pues se veia á la naturaleza en una

de sus operaciones mas ocultas, y aun se observaban movimientos visibles en un medio invisible : efecto que probablemente nadie habrá visto aun , ni menos sospechado.

Animado con este buen suceso , y confirmado en la opinion que habia formado relativamente al hecho interesante que intenté comprobar , procedí con confianza á la execucion de otros experimentos aun mas directos y más decisivos.

Creo que todos los físicos estan persuadidos que el hielo en contacto con el agua no se puede calentar; reflexionando sobre esto , vi ó que esta opinion era despreciable, ó que todas mis ideas sobre el modo con que el calor se propaga en este fluido eran erróneas.

Estaba convencido de que durante el largo tiempo que el hielo nada sobre la superficie del agua que se intenta calentar sobre el fuego (ó de otro qualquier modo) el agua helada que proviene de la liquacion debe, segun mi hipótesis , baxar y extenderse sobre el fondo del vaso que la contiene : allí antes que tenga tiempo para adquirir un calor notable, debe dexar lugar al agua helada que continúa baxando sin interrupcion mientras hay hielo que derretir. El agua no puede calentarse considerablemente ínterin pueda verificarse este efecto ; pero suponiendo que el agua no es un conductor del calor , segun la acepcion ordinaria que tiene este término , ó que el calor no puede pasar en este fluido , á excepcion de quando se ha filtrado por las partículas del líquido , que puestas en movimiento por la mutacion que ocasiona el calor en su gravedad específica , transportan este mismo calor de lugar en lugar , no se comprehende cómo el hielo,

si en lugar de nadar sobre el agua, estuviere fixo en el fondo del líquido, ó á alguna distancia sobre su superficie, podria afectar el temperamento del agua situada encima de ella, ó impedirle que recibiese el calor de otros cuerpos.

Si el agua debe ser un conductor del calor, no hay duda en que el efecto del hielo no se propagó en el agua en todas sus direcciones.

Los metales son todos conductores de calor, y el profesor Pictet ha hallado por el resultado de un experimento tan ingenioso como decisivo (1), que el calor pasaba igualmente desde el medio hácia lo alto y baxo de una barra de cobre de 33 pulgadas de largo, y casi con la misma facilidad en estas dos direcciones; y si se puede demostrar que el calor no puede baxar al agua, esto probará suficientemente, segun pienso, que el agua no es un conductor del calor.

Reflexionando cuidadosamente sobre la naturaleza de la fluidez, me parece que ciertas observaciones podrian hacernos sospechar que la *causa*, y aun la *misma esencia de la fluidez*, es esta propiedad singular que adquieren las partículas de los cuerpos quando llegan al estado de fluidos: propiedad que impide toda mutacion recíproca, ó toda comunicacion de calor entre ellas. Pero sea lo que fuere, el resultado del experimento siguiente podrá considerarse como una prueba incontestable de un hecho importante relativo al modo con que el calor se propaga en el agua.

(1) Ensayos de Física tomo 1, Ginebra 1790.

Experimento núm. 15.

Fixé en una redoma de vidrio de forma cilíndrica de 653,3 líneas de diámetro, y 194,6 líneas de altura, una torta ó disco de hielo de forma circular, y casi tan ancha como el diámetro interior de la redoma: este disco tenia 58,6 líneas de grueso, y pesaba 10 onzas y media.

Despues de haber preparado este pedazo de hielo, puse en la redoma 6 libras y media de agua hirviendo, y metiendo en ella suavemente el hielo, observé que se liquidaba enteramente en 2 minutos y 58 segundos.

Hallando por medio de este experimento quanto tiempo era necesario para liquidar el hielo á la superficie del agua hirviendo, procuré descubrir si se necesitaria mas tiempo para liquidarla en el fondo del agua.

Experimento núm. 16.

Tomé la misma redoma, coloqué en ella un pedazo de hielo de la misma forma y dimension del que he hablado ya; pero en vez de dexarlo nadar en la superficie del agua, lo fixé en el fondo de la redoma, y le eché agua.

El pedazo de hielo estaba fixo en la redoma por medio de dos virutas de abeto muy delgadas y elásticas de casi una octava parte de pulgada de grueso, y de un quarto de pulgada de largo, que siendo un poco mas largas que el diámetro interior de la redoma, se hallaban un poco plegadas quando se las introdu-

cia en una posicion horizontal, colocándolas sobre la nieve de manera que su interseccion formaba dos ángulos rectos : estas servian para detener el hielo en el fondo de la redoma quando se vertia en ella el agua.

Para preservar el hielo mientras que se vertia el agua hirviendo en la redoma se cubria su superficie con papel de escribir bastante fuerte, el qual se sacaba despues con mucha suavidad por medio de un hilo bramante que estaba unido á él, y para impedir que no se quebrase la redoma por el efecto del agua hirviendo que se vertia en ella, principié á introducir en aquella una pequeña cantidad de agua fria, la que precisamente fuese bastante para llenar los vacíos entre el hielo y el vaso, y cubrir aquel hasta la altura de 4,4 líneas ; y derramando el agua caliente por el pico de una tetera, cuidé de dirigir la corriente sobre la mitad del pedazo de papel circular que cubria el hielo.

Despues de haber colocado la jarra que contenia el hielo y el agua caliente cerca de una ventana, saqué con suavidad el papel que cubria la superficie del hielo, y observé á mi satisfaccion el resultado de este experimento tan interesante.

En pocos minutos quedé convencido de que mis experimentos no serian vanos. En el anterior un pedazo de hielo igual se habia liquidado en menos de tres minutos ; pero en este segundo al cabo de mas de seis minutos, no daba el hielo señal ninguna de liquidacion : su superficie parecia unida y brillante, y el agua que estaba inmediatamente en contacto con ella estaba perfectamente quieta, aunque los movimientos interiores del agua caliente que estaba encima, y que comunicaba su calor á los costados del vaso y al ayre,

fuesen muy rápidos, como lo vi distintamente por medio de algunas partículas térreas, ú otros pequeños fragmentos sólidos que por casualidad contenia el agua.

Exâminé el hielo con un excelente microscopio; pero pasó mucho tiempo antes que diese algunas señales de liquacion. Los ángulos del pedazo de hielo permanecieron tan agudos como antes, y las partículas de polvo que se precipitaban del agua caliente á medida que esta se enfriaba, quedaban sin movimiento así que llegaban á la superficie del hielo.

Habiéndose conducido el agua caliente de la cocina en una tetera, no estaba perfectamente hirviendo quando se vertió en la jarra. Despues de un minuto de descanso en este vaso, metí en él un termómetro, y observé que el temperamento estaba á 180 grados.

Doce minutos despues el temperamento á distancia de 13,9 líneas de la superficie era 170° á la profundidad de 97,3 líneas, ó 13,9 líneas, encima de la superficie del hielo era de $169 \frac{1}{10}$, mientras que á las 13,2 líneas de pulgada mas arriba, ó 4,4 líneas sobre el hielo, su temperamento era de 40°.

Al cabo de veinte minutos el calor del agua á diferentes profundidades era como sigue:

Sobre la inmediata superficie del hielo.....	40°
á la distancia de 6,9 líneas.....	46°
á 13,9 líneas.....	130°
á 41,7.....	159°
á 97,3.....	160°

Al cabo de treinta y cinco minutos estaba graduado el calor del modo siguiente:

En la superficie del hielo.....	40°
6,9 líneas sobre él.....	76°
13,9.....	110°
27,8.....	144°
41,7.....	148°
69,5.....	148½°
97,3.....	149°

Al cabo de una hora era el calor como sigue:

En la superficie del hielo.....	40°
13,9 líneas sobre él.....	80°
27,8.....	118°
41,7.....	128°
55,6.....	130°
97,3.....	131°

Despues de una hora y quince minutos se halló ser el calor.

A la superficie del hielo.....	40°
13,9 líneas sobre él.....	82°
27,8.....	106°
41,7.....	123°

Hasta aquí se habia graduado el calor del agua cerca de los costados de la jarra: en los experimentos siguientes se observó en el medio ó hácia el exe del vaso.

Hora y media despues que se vertió el agua hirviendo en la jarra era el calor de ella en el medio del modo siguiente:

A la superficie del hielo.....	40°
13,9 líneas sobre él.....	84°
27,8.....	115°
41,7.....	116°
97,3.....	117°

Al cabo de dos horas era el calor en el medio del vaso como sigue :

A la superficie del hielo.....	40°
13,9 líneas sobre él.....	76°
27,8.....	94°
41,7.....	106°
55,6.....	108°
83,4.....	108 $\frac{1}{4}$ °
97,3.....	108 $\frac{1}{2}$ °

Habiendo terminado el experimento en este punto, se separó el agua caliente del hielo, y pesando el pedazo de hielo restante, se vió que se habian liquidado cinco onzas y seis granos de hielo.

Tomando el temperamento medio del agua al fin del experimento á 106°, parecia que la masa de agua caliente, que pesaba 73 onzas $\frac{3}{4}$, se habia enfriado 78°, ó del temperamento de 184° á 106° durante el experimento.

Pero como está averiguado que una onza de hielo absorbe precisamente tanto calor convirtiéndose en agua como pierde una de agua enfriándose hasta 140°, es evidente que una onza de agua que se enfria 78° pierde la cantidad de calor necesaria para liquidar $\frac{98}{140}$ de una onza de hielo ; de consiguiente las

73 onzas $\frac{3}{4}$ de agua caliente, que en este experimento se han enfriado 78°, han dado una cantidad de calor que hubiera sido suficiente para liquidar 44 onzas de hielo.

Pero no siendo la cantidad de hielo liquidada mas de 5 onzas, parecia que *en ella no habia mas que una octava parte del calor extraido del agua que se habia comunicado al hielo, y que lo demas pasó al ayre.*

Como en este experimento se habia echado la misma cantidad de agua caliente que en el anterior núm. 15, y como esta agua estaba contenida en el mismo vaso, parecia que el hielo se liquidaba lo menos *ochenta veces* con mas lentitud en el fondo de una masa de agua hirviendo, que quando se le dexa nadar en la superficie; porque como en el experimento núm. 15 diez onzas y media de hielo se han liquidado en 2 minutos y 58 segundos, 5 onzas se hubieran liquidado en un minuto 29 segundos; pero en el experimento núm. 16 han sido necesarias 2 horas ó 120 minutos para liquidar 5 onzas.

Sin embargo, se liquidó el hielo, aunque con mucha lentitud, en el fondo del agua caliente; y esta circunstancia sola hubiera bastado para destruir mi hipótesis relativa al modo con que el calor se propaga en los líquidos, á no haber hallado el medio de cerciorarme de este hecho completamente, sin tener por eso que abandonar mi opinion.

Media hora despues que vertí el agua caliente en la jarra en el último experimento, examinando la superficie del hielo, descubrí un fenómeno que fixó mi atencion, y que excitó mi curiosidad: observé que el hielo se habia liquidado y disminuido en su superficie, menos en los parages en que estaba cubierto de las virutas de abeto que fixaban el pedazo de hielo en el fondo del vaso.

Si el hielo no se hubiera preservado de la liquacion sino por la parte de una de las dos virutas de madera que siendo inferior á la otra descansaba inmediatamente sobre su superficie, no me hubiera sorprendido; pero como la superficie del hielo que correspondia á la

otra viruta transversal, la qual no tocaba al hielo sino por sus extremidades, parecia igualmente intacta, puse mas cuidado, y no pude averiguar la razon de este hecho sino suponiendo que el hielo se habia liquidado por virtud de los rayos caloríficos que salian del agua caliente; y que las partes de hielo resguardadas por las virutas de abeto no participaban de estos rayos, ni habian podido liquidarse.

Quedé de tal modo sorprehendido de estas observaciones, que me determiné á hacer el experimento siguiente con el único fin de ilustrar este punto.

Experimento núm. 17.

Puse un pedazo de hielo de forma circular, poco mas ó menos tan ancho como el fondo de la redoma, y de 48,6 líneas de grueso, en una jarra de vidrio de 90,3 líneas de diámetro, y de 111,2 líneas de alto, y coloqué sobre la superficie unida del hielo un platillo de estaño muy delgado que tenia casi 6 pulgadas y media de diámetro, y bastante ancho para cubrir el hielo. Este platillo de estaño, rodeado de un hilo de alambre de laton para conservar su forma, tenia un agujero circular en su centro de casi 27,8 líneas de diámetro, estaba fuertemente asegurado sobre la superficie del hielo con muchas cuñas delgadas de madera colocadas entre su circunferencia y los costados de la jarra.

Se colocó despues un segundo platillo de estaño de forma circular, en todo semejante al de que se acaba de hablar, con un agujero tambien en su centro, á distancia de una pulgada, y paralelo al primero, y se

aseguró en su lugar con cuñas de madera.

Dispuesto de esta forma , se colocó la jarra en un cuarto en donde el termómetro de Fahrenheit estaba á 34 pulgadas , se vertió en ella agua fria , hasta que esta cubriese bastantemente el platillo superior : en este estado se echó agua hirviendo en el vaso hasta una media pulgada de su borde ; y despues de cubierta se la dexó reposar dos horas.

Al cabo de este tiempo se vertió el agua, que aun estaba caliente, y levantando los platillos circulares, se examinó el hielo.

Se habia formado en él una excavacion circular, y precisamente tan ancha como el agujero que estaba en el centro del platillo que la cubria, esto es, de 2 pulgadas de diámetro. Esta excavacion era perfectamente regular , y tenia $\frac{2}{10}$ de una pulgada de profundidad.

Esto es lo que no esperaba ; pero observé un fenómeno singular , cuya explicacion no pude hallar por algun tiempo. Todas las partes de la superficie del hielo que habian estado cubiertas con el plato de estaño se presentaban perfectamente unidas y á nivel , y no habia señal alguna de que se hubiesen liquidado ó disminuido , excepto en un sitio en donde se habia formado un canal de una pulgada de ancho, y de poco mas de $\frac{1}{10}$ de pulgada de profundidad , que evidentemente parecia haber sido hecho por una corriente de agua caliente que salió de la concavidad de que he hablado , y se dirigió desde el centro del pedazo de hielo á su circunferencia.

Como el borde ó el lado vertical del pedazo de hielo estaba absolutamente gastado en la parte por

donde habia pasado esta corriente, no podia haber equivocacion acerca de su direccion. Habia salido de la concavidad circular que se hallaba en medio del hielo; y aunque en el primer momento parecia bastante difícil de explicar este hecho, y de probar cómo el agua caliente habia podido llegar allá; sin embargo, era evidente que el movimiento de esta corriente de agua no podia provenir de otra causa sino de que su gravedad específica era mayor que la del resto del agua á la misma profundidad; lo qual probaba que esta mayor densidad estaba al mismo tiempo acompañada de un grado mayor de calor, y que esta corriente era la que habia causado la profundidad en el hielo, mientras que las otras partes de la superficie del disco al mismo nivel no se habian liquidado por el agua que habia reposado sobre ella. Para ilustrar este punto hice el experimento siguiente.

Experimento núm. 18.

Como yo creia probable que si la excavacion circular en el hielo, que correspondia al agujero circular hecho en el centro del platillo de estaño que la cubria igualmente que al que estaba en el platillo primero una pulgada mas alto, se habia formado por el calor (que llamé impropriamente *radiante*), ó por virtud de los rayos caloríficos emanados del agua caliente; y que en este caso, digo, como algunos de estos rayos debian probablemente haber reflectado desde abaxo á la superficie del agua, intentando pasar á la atmósfera, creí que impidiendo el contacto de esta parte de rayos con el hielo (lo que quise executar haciéndolos ab-

sorver por un cuerpo obscuro y ligero , compuesto de una cobertera de abeto de forma circular , y vuelto á cubrir con un texido de seda negra , que hice nadar en la superficie del agua) , se disminuirla sensiblemente el efecto calorífico de estos rayos. Si el resultado hubiese sido como esperaba , hubiera tenido razon para sospechar que estos rayos eran verdaderamente la causa de los efectos que habia observado; pero haciendo este experimento con un cuidado grande , no pude conocer si cubriendo la superficie del agua caliente con un cuerpo negro , habia alguna diferencia en el resultado comparado al del experimento anterior número 17 , ó bien usando de la cobertera negra , ó no usándola.

Despues de haber meditado algun tiempo sobre este punto , me pareció que podria dar razon de la liquacion del agua en su superficie superior de un modo muy convincente , sin suponer que el agua fuese un conductor de calor , ó que el efecto de que se trata lo produxesen los rayos caloríficos.

Aunque entre las leyes de la naturaleza que conocemos , una de las mas generales sea que todos los cuerpos sólidos del mismo modo que los fluidos se condensan por medio del frio ; sin embargo , el *agua* parece formar una excepcion particular de esta ley. El fluido , es verdad (y lo mismo sucede con todos los cuerpos visibles) se condensa por el frio en todos los temperamentos notablemente superiores al del hielo ; pero su condensacion , á medida que se despoja de su calor , no continúa hasta el temperamento en que ha pasado á hielo ; y así es que quando enfriándose gradualmente el agua ha llegado al punto de 40 grados

de la escala de Fahrenheit, ó de 8 grados sobre el hielo, dexa de condensarse mas, y continuando en enfriarse experimenta una *expansion* que no cesa, á medida que pierde su calor, hasta el término de su congelacion. En el momento en que adquiere consistencia, y despues que ha llegado á consolidarse, continúa la *expansion* á proporcion que se aumenta el frio: este hecho, observado por M. *De Luc* en su tratado sobre las modificaciones de la atmósfera, se ha explicado y probado de un modo incontestable por Sir *Charles Bladgen*. Véanse las Transacciones filosóficas tomo LXXVIII.

Pero como el agua que está en contacto con el hielo en fusion está siempre al temperamento de 32 grados, es evidente que el agua en este temperamento debe ser específicamente mas ligera que el agua que tiene un calor superior de 8 grados, ó que está al temperamento de 40 grados: de consiguiente si dos partículas de agua en estos dos temperamentos estan contenidas en un mismo vaso, la que es mas ligera y mas fria debe necesariamente dar lugar á la que está mas caliente y mas pesada, y las corrientes del agua *mas caliente baxarán* adonde está *la mas fria*.

En los dos últimos experimentos como el platillo de estaño que cubria la superficie del hielo servia para confinar la mas pequeña lámina de agua que estaba entre el platillo y el hielo, y esta agua no podia levantarse por impedirlo el platillo, ni tenia ninguna tendencia á caer, es probable que hubiera permanecido en su puesto; y como estaba al temperamento del hielo, no podia derretir este sobre el qual descansaba.

Pero como el platillo de estaño tenia un agujero

circular en su centro , la superficie del hielo en esta parte estaba de consiguiente al descubierto , y el agua al temperamento del hielo , que estaba en contacto con la torta de hielo , desalojada por el agua mas caliente y mas pesada que baxaba , formaba una corriente de agua caliente que figuraba una excavacion en el hielo en forma de una vacía hueca.

El agua caliente contenida en esta especie de vacía inundaba sus bordes al momento en que se formaba la vacía , y dirigiéndose á la parte mas baxa , pasaba por debaxo del platillo hasta el borde del hielo , desde donde se precipitaba hasta el fondo del vaso. Como el agua de esta corriente era caliente , formaba al instante un canal profundo en el hielo ; y al concluir el experimento era este canal mucho mas profundo que el mismo fondo de la vacía desde donde habia salido.

Este modo de comprehender los efectos que habia observado me pareció convincente ; y quanto mas meditaba sobre este punto , mas me convencía de que ningun líquido en general puede ser *conductor del calor*.

Caminando sobre este principio , me hallé en estado de explicar la causa que hacia derretir el hielo en el fondo del agua caliente en el experimento núm. 16, como tambien la lentitud con que se hace este efecto. Animado con el buen éxito , continué en proyectar y executar experimentos aun mas decisivos , cuyo resultado probará , como espero , de un modo convincente el principio sentado.

Si el agua es verdaderamente un perfecto *no-conductor del calor* , esto es , si no hay comunicacion de *ningun calor* entre las *moléculas* ó partículas de este fluido (que es lo que yo supongo) , como el calor no

puede propagarse en ellas sino en consecuencia de los movimientos ocasionados en este fluido por las alteraciones en la gravedad específica de sus partículas, alteraciones que resultan por el efecto de las variaciones de temperamento; se sigue que el calor no puede propagarse de alto *abaxo* en el agua durante el largo tiempo que este fluido continúa condensado por el frio; y que solo en la *direccion única* de alto abaxo es en la que puede propagarse despues que el agua ha llegado al temperamento en que el frio principia á dilatarla; lo que, segun el experimento, parece tener lugar á los 40 grados de la escala del termómetro de Fahrenheit.

Raciocinando segun estos principios se llega á esta consecuencia notable, á saber, *que el agua que no está mas que á los 8 grados encima del punto de congelacion, ó al temperamento de 40 grados, puede liquidar tanto hielo en un tiempo determinado (estando este hielo colocado sobre su superficie) como un volumen igual de agua en un temperamento mas elevado, y aun quando el agua empleada estuviese hirviendo.*

El lector sin dudar pensará que yo tenia gran confianza en la opinion que acababa de formarme sobre este punto para resolverme á hacer, *aun en particular*, los experimentos necesarios para establecer este hecho.

Experimento núm. 19.

Puse en una jarra cilíndrica de vidrio de 57,33 líneas de diámetro y 191,8 líneas de altura 608,8 líneas cúbicas de agua, que pesaban 20 onzas, y habiendo colocado la jarra en una mezcla de hielo machacado y de sal marina, hice helar el agua que contenia hasta que

se reduxo á una masa compacta firmemente adherida al fondo y á las paredes del vaso, y de hechura de un cilindro de yelo de 41,7 pulgadas de altura.

Así que se heló completamente el agua en la jarra, saqué el vaso de la mezcla frigorífica, y le coloqué entre hielo quebrantado y agua pura, donde permaneció 4 horas para poner el cilindro de hielo contenido en el brocal al temperamento de 32 grados.

Permaneciendo dicho brocal en un vaso poco profundo, lleno de una mezcla de hielo machacado y de agua, cuya superficie estaba al nivel con la del hielo contenido en el cuello ó brocal, cubrí la parte superior del disco de hielo con un pedazo de papel fuerte y redondo, y vertí poco á poco en el brocal 4 libras de agua hirviendo, que se elevó á 15,2 líneas sobre la superficie del hielo. (Lámina 2.^a)

Quitó entonces con precaucion el papel que tapaba el hielo, y despues de haber dexado el agua en contacto con el hielo por espacio de algunos minutos, la vertí fuera de la jarra, y pesando en el instante este vaso y el hielo no derretido, determiné la cantidad de hielo que se habia deshecho por el agua caliente mientras que habia permanecido en la jarra.

Repetí este experimento quatro veces en un mismo dia (16 de Marzo de 1797) variando á cada vez la permanencia del agua sobre el hielo. El resultado de estos experimentos fue el siguiente.

Números de los experimentos.	Permanencia del agua caliente sobre el hielo.	Temperamento del agua caliente quando se vertió sobre el hielo.	Temperamento del agua una pulgada debajo de su superficie al fin del experimento.	Cantidad de hielo derretido.
	Minutos.			Granos.
Núm. 19	1	186°	nose observó.	1632
Núm. 20	3 $\frac{3}{4}$	185	no se observó.	1824
Núm. 21	15	184	170°	1757
Núm. 22	66	186	140	2573

Parece evidente por el resultado de estos experimentos, que una cantidad considerable del hielo derretido se habia liquidado al principio del experimento, ó mientras que se echaba el agua caliente en el vaso, operacion que duraba casi un minuto; y las diferencias en el resultado de los experimentos, particularmente de los tres primeros, indica claramente que la cantidad de hielo derretido en esta operacion era diferente de la de los demas. Habia previsto en verdad que habia de suceder esto, y por esta razon habia cubierto la superficie del hielo con un pedazo de papel muy fuerte, y tuve la precaucion de echar poco á poco el agua en el cuello de la jarra; pero noté muy pronto que no eran suficientes estas precauciones para evitar grandes diferencias en el resultado de estos experimentos; y como tenia motivos para creer que el movimiento en la masa del agua caliente que resultaba

Tomo II.

Q

por necesidad al quitar el papel que tapaba el hielo, era la causa principal de estas desigualdades, acudí á un medio nuevo.

Busqué un plato poco profundo, hecho de madera muy ligera: tenia media pulgada de profundidad, quatro y media de diámetro, ó un poco menos que el diámetro interior del brocal, y su fondo tenia al poco mas ó menos una quarta parte de pulgada de grueso. Hice muchos agujeros en su fondo, y le puse como si fuera una criba. Habiéndose enfriado este plato de madera hasta el temperamento de congelacion, le coloqué en la jarra sobre la superficie del hielo, y echaba en él muy despacio el agua caliente, haciéndola pasar por un tubo de madera muy largo: como el plato agujereado nadaba, y estaba siempre sobre la superficie del agua, y como la que pasaba por un sin número de agujeros no caia con ímpetu, es evidente que este medio tan sencillo precavia los movimientos violentos que ocurrían al verter el agua caliente sobre el hielo, y al quitar el papel que le tapaba.

Para que el agua que se vertía por el tubo de madera, cuyo canal tenia casi media pulgada de diámetro, no cayese perpendicularmente sobre el fondo del plato, la extremidad inferior del tubo estaba tapada con un corcho, y salía el agua horizontalmente por ciertos agujeros pequeños hechos en las paredes del tubo por su extremidad inferior.

Vertida el agua caliente sobre el hielo, se quitaba con cuidado el plato, y se tapaba la jarra con una tabla que tenia un termómetro pequeño suspendido en su centro.

Los efectos que produjo este nuevo aparato apa-

recerán comparando su resultado con el de los dos experimentos siguientes.

Números de los experimentos.	Permanencia del agua caliente sobre el hielo.	Temperamento del agua caliente.		Cantidad de hielo derretido.
		Al principio.	Al fin.	
Núm. 23	1	196°	196°	423
Núm. 24	3	190	188	703

Para precaver mas eficazmente las inexâctitudes que provienen de los movimientos interiores de la masa de agua caliente, que ocurrian al verterla en el brocal (lo que precisamente habia de influir mas ó menos en el resultado de los experimentos), acudí al medio siguiente.

Llené de agua al temple del hielo una redomita de 141,6 líneas, y vertiendo su contenido en el brocal, cubrí la superficie del hielo con esta agua del mismo temperamento hasta la altura de 6,67 líneas.

Puse el plato agujereado sobre la superficie de esta agua helada en lugar de ponerlo sobre el hielo, y eché despues el agua caliente.

El resultado de los experimentos siguientes manifiesta que esta disposicion contribuye mucho á disminuir las aparentes irregularidades de los experimentos anteriores.

El temperamento del ayre del aposento donde se hicieron estos experimentos era de 41 grados.

Números de los experimentos.	Permanencia del agua caliente sobre el hielo.	Temperamento del agua caliente una pulgada debaxo de su superficie.		Cantidad de hielo derretido.
		Al principio.	Al fin.	
Núm. 25	10	192°	182°	580
Núm. 26	30	190	165	914
Núm. 27	180	190	95	3200

Por el resultado de estos tres experimentos se puede valuar con bastante certidumbre quanto hielo se derretió en el acto de echar el agua en el brocal, y por consiguiente la proporcion en que se ha derretido en el curso regular del experimento, suponiendo que se derriten cantidades iguales en tiempos iguales.

Como en el experimento 27 se han derretido 3200 granos en 180 minutos, y en el 25 580 granos en 10 minutos, se puede inferir con seguridad que esta misma porcion se debe haber derretido en el mismo tiempo en el experimento 27. Si pues de 3200 granos, porcion deshecha en 180 minutos en este último experimento, se deducen 580 granos por la porcion derretida en los 10 minutos primeros, quedarán 2620 por la cantidad que se deshizo en los 170 minutos restantes, quando por haber cesado los movimientos del agua á causa de la que se echó en el brocal, se puede suponer que se ha derretido el hielo con regularidad y proporcion.

Pero si en el curso del experimento no se han der-

retido mas que 2620 granos en 170 minutos , es evidente que no se hubieran derretido mas que 154 granos en el curso ordinario de la operacion en el intervalo de 10 minutos , porque $170 \text{ minutos} : 2620 :: 10 \text{ minutos} : 154 \text{ granos}$. Si pues de 580 granos , porcion de hielo verdaderamente derretido en el espacio de 10 minutos en el experimento 25 , se deducen 154 , restan 426 granos para la porcion derretida mientras que se echaba el agua en el brocal (1).

Veamos ahora hasta donde está conforme este resultado con el del experimento 26. En él se derretieron 914 granos en el espacio de 30 minutos. Si se deducen de esta porcion 426 granos , porcion que , segun el cálculo anterior , se debe haber derretido mientras que se echaba el agua en el brocal , quedarán 488 granos para la porcion derretida en 30 minutos en el curso ordinario de la operacion , sean 159 granos para la porcion deshecha en 10 minutos , lo que se diferencia muy poco del resultado del cálculo antecedente en que ascendian á 154 granos. Esta diferencia , por pequeña que sea , basta para probar un hecho importante , es á saber , que los efectos producidos por el movimiento comunicado al agua caliente , echándola en el brocal , no habian cesado enteramente al cabo de 10 minutos , ó quando se habia concluido el quinto experimento. Se estará mas cerca de la verdad procurando descubrir la cantidad de hielo derretido en tiempo determinado durante el curso regular de los experimentos , estableciendo los cálculos sobre el re-

(1) Para que este cálculo fuera riguroso seria preciso suponer que el agua caliente ha estado constantemente al mismo temperamento durante la operacion , lo que no se verificó. *Nota del traductor.*

sultado de los experimentos núm. 26 y 27.

En este último 3200 granos de hielo se derretieron en el espacio de 180 minutos, y en el anterior 914 en 30 minutos. Si pues de 3200 granos, porcion derretida en 180 minutos, se quitan 914 derretidos durante los primeros 30 minutos, quedarán 2286 granos para la porcion derretida en los 150 minutos siguientes, lo que da 152 granos para la porcion derretida en cada 10 minutos. En el primer cálculo subió esta cantidad á 154 granos.

Pero si 152 granos de hielo son la cantidad derretida en cada diez minutos, en la serie del experimento no se hubiera debido deshacer *de este modo* mas que tres veces esta misma porcion, ó 456 granos en los 30 minutos que duró el experimento 26: deduciendo esta cantidad de 914 granos, porcion verdaderamente derretida en todo el experimento, el resto, 458 granos, manifiesta quanto hielo se ha debido derretir al echar el agua caliente sobre él, ó en virtud de los movimientos ocasionados al agua por esta operacion. El cálculo precedente demuestra que componian 426 granos esta porcion.

Se puede concluir seguramente por estos cálculos que en la serie de los experimentos no ha derretido el agua caliente mas que 152 granos en el espacio de 10 minutos.

Ahora voy á dar cuenta de diversos experimentos en los cuales el agua empleada para derretir el hielo estaba en un temperamento mucho menos elevado.

Saqué del fondo de la jarra la pequeña porcion de hielo que no se habia derretido aun: eché agua hasta la altura de 55,6 líneas, y colocando el agua en una

mezcla frigorífica, la dexé que se congelase enteramente. Puse despues el vaso en una fuente de loza poco profunda, y la rodeé hasta la altura del hielo interior con agua y nieve (véase la Lámina 2.^a): púselo todo en una pieza donde no habia habido lumbre desde muchos meses antes, y donde el temperamento del ayre era de 41 grados, y lo dexé allí casi 2 horas para que el hielo pudiese adquirir el temperamento 32°.

Entonces separé la jarra de la fuente, y despues de haberla secado con un lienzo, pesé exâctamente la jarra y el hielo que contenia, la puse sobre la fuente, y la cerqué otra vez de agua y de nieve hasta el nivel de la superficie del hielo.

Eché despues en el brocal 15,160 granos de agua al temperamento de 41 grados, para cubrir el hielo á la misma altura que habia estado en los experimentos anteriores (casi 111,2 líneas), y despues de haberla dexado sobre el hielo por espacio de algunos minutos, la vertí, enxugué el exterior de la jarra, y pesé esta de nuevo para determinar quanto hielo se habia derretido.

Al echar el agua fria en la jarra servian como en los experimentos hechos con el agua caliente el tubo y plato de madera agujereado.

La tabla siguiente indica el resultado de seis experimentos hechos con el mayor cuidado en 19 de Marzo de 1797: estan colocados segun el órden de tiempo.

<i>Número de los experimentos.</i>	<i>Temperamento del agua en la jarra una pulgada baxo de su superficie.</i>		<i>Temperamento del ayre.</i>	<i>Permanencia del agua sobre el hielo.</i>	<i>Cantidad de hielo derretido.</i>
	<i>Al principio del experimento.</i>	<i>Al fin del experimento.</i>		<i>Minutos.</i>	<i>Granos.</i>
N.º 28	41°	40°	41°	10	203
N.º 29	41	40	41	10	220
N.º 30	41	40	41	10	237
N.º 31	41	40	41	10	228
N.º 32	41	38	41	30	617
N.º 33	41	38	41	30	585

La conformidad de los resultados de estos experimentos no es menos extraordinaria que el hecho particular que acreditan, es á saber, que el agua hirviendo no deshace mas cantidad de hielo permaneciendo sin movimiento sobre su superficie que el agua al temperamento de 41 grados, ó 9 grados solamente sobre el de congelacion.

Aun se pudiera inferir que no derrite tanta, y creo que se puede dar cuenta de un modo convincente de este hecho interesante, suponiendo (lo que se puede ahora considerar como muy probable) que el agua es un no-conductor de calor.

Por el resultado de los experimentos hechos con agua caliente parece que la cantidad de hielo derre-

tida en 10 minutos durante el curso de la operacion no pasaba de 152 granos; pero en los hechos con agua fria, la porcion derretida durante este tiempo nunca ha sido menor de 203 granos, y tomando el término medio de los quatro experimentos, ha subido á 222 granos.

Hay sin embargo una circunstancia en los experimentos hechos con el agua fria, que es menester exâminar antes de admitir sus resultados como una prueba completa de la importante teoríá de que se trata.

En los experimentos hechos con el agua caliente se ha visto que una parte considerable del hielo que se ha derretido habia sufrido esta alteracion por el movimiento comunicado al agua al verterla en la jarra, y que el efecto de este movimiento ha continuado viéndose sensiblemente mucho mas tiempo que en los experimentos hechos con el agua fria. No hubiera influido acaso la misma causa sobre el resultado de estos, y es lo que voy á averiguar.

En el experimento 32, 617 granos de hielo se han derretido en 30 minutos; y en el 33, 585 se derretieron en el mismo tiempo: tomando el término medio de ambos experimentos, parece que 601 granos se han derretido en el espacio de 30 minutos. Si se deduce pues de esta cantidad la que segun el resultado medio de los quatro experimentos anteriores se hubiera debido derretir en 10 minutos, es á saber, 222 granos, quedarán 379 para derretirse en los 20 minutos últimos de estos dos experimentos, y por consiguiente la mitad de esta porcion $189\frac{1}{2}$ granos son los que han debido derretirse en 10 minutos en

el curso regular del experimento.

Pero esta cantidad de $189\frac{1}{2}$ granos , aunque menor que la que verdaderamente se derritió en los experimentos que no han durado mas que 10 minutos , es mucho mas considerable que la de 152 granos , porcion derretida en el mismo tiempo en los experimentos del agua caliente. Por consiguiente , la gran cuestión que me habia obligado á emprender estos experimentos está decidida en mi concepto.

Mas por decisivo que me pareciese su resultado , tenia mucho interes en estos objetos para dexar de continuar las observaciones que tenian relacion con ellos.

Habia hallado por resultado de los experimentos hechos con agua fria y con caliente que se habia deshecho una porcion considerable de hielo en el acto de echar agua en la jarra , y por consecuencia de los movimientos y undulaciones comunicadas al agua durante esta operacion , á pesar de lo que se habia cuidado de disminuir estos movimientos , y de precaver sus efectos , redoblé las precauciones para preservarme de este origen de error y de incertidumbre.

Antes de echar el agua en la jarra tapé la superficie del hielo hasta la altura de 0,956 de pulgada con agua al temple del hielo , y tomé esta precaucion así , usando de ella al temperamento de 41 grados , como quando me servia de agua hirviendo.

En los experimentos anteriores no habia cubierto la superficie del hielo con agua al temperamento de este , como quando empleaba agua caliente ; y aun no

había echado en dichos experimentos mas que la mitad del agua al temple del hielo que empleé en lo sucesivo para el mismo objeto.

Echaba tambien el agua con mucha lentitud, y por un conducto mas angosto, y empleando 3 minutos para llenar la jarra á la altura de 8 pulgadas sobre la superficie del hielo, y procuré determinar qué influencia podrian tener sobre el resultado de los experimentos el ambiente ó los cobertizos de abrigo con que cubriria el vaso.

Me serví de la misma jarra para todos los experimentos, y la coloqué en la misma fuente de loza, cuidando de taparla con nieve hasta la altura del hielo. Esta jarra era de una hechura muy regular, se acercaba á la de un cilindro perfecto, y por consiguiente era muy propia para el uso á que la habia destinado.

En cada uno de los tres primeros experimentos que estan anotados en la tabla siguiente se tapó la jarra con un pedazo de algodón. Este cobertizo, que tenia mas de una pulgada de grueso, rodeaba la jarra desde la superficie de la nieve que se derretia hasta su extremo superior.

La abertura de la jarra se tapó desde luego con una cobertera de madera, en cuyo centro se habia colgado un termómetro cuya bola estaba una pulgada baxo la superficie del agua, y tapé tambien esta cobertera con algodón.

En todos los experimentos comprehendidos en la tabla siguiente, exceptuando los tres primeros, estuvo la jarra expuesta al ayre libre sin ningun abrigo, excepto su parte inferior, que, como tengo ya di-

cho , estaba rodeada de nieve ó de hielo machacado y de agua hasta la altura del hielo contenido en la jarra.

En los experimentos números 37 y 38 , que estan marcados con un asterisco , se cubrió la superficie del hielo con agua al temple del hielo hasta la profundidad de 0,478 de pulgada solamente: en todos los demas experimentos lo estuvo hasta la profundidad de 0,956 de pulgada.

Número de los experimentos.	Temperamento del agua en la jarra una pulgada baxo de su superficie.		Temperamento del ayre.	Permanencia del agua sobre el hielo.	Cantidad de hielo derretido.
	Al principio del experimento.	Al fin del experimento.			
				Minutos.	Granos.
N.º 34	188º	179º	41º	30	634
N.º 35	189	180	41	30	747
N.º 36	190	147	41	180	3963
N.º 37	41	38	41	30	592*
N.º 38	41	43	61	30	676*
N.º 39	186	157	61	30	559
N.º 40	188	156	61	30	575
N.º 41	190	156	61	30	542
N.º 42	41	43	61	30	573
N.º 43	42	44	61	30	575
N.º 44	42	35	61	120	2151

El resultado de estos experimentos daría materia para las observaciones mas curiosas ; pero me contentaré al presente con hacer dos ó tres solamente.

Se debe observar en primer lugar que aunque en los experimentos núms. 34 y 35 , que han durado cada uno 30 minutos , se ha deshecho menos hielo que

en el del núm. 26, que duró el mismo tiempo; sin embargo, en el del núm. 36, que duró 180 minutos, se derritió mas que en el del número 27 de la misma duracion: se dará cuenta mas adelante de la diferencia que hay en los dos experimentos referidos.

Con respecto á la diferencia en los resultados de los experimentos de 30 minutos, no hay duda que proviene de las precauciones tomadas en la última serie de experimentos para precaver el efecto de los movimientos violentos que se causaban en el agua al tiempo de echarla en la jarra, por lo qual se ha derretido menos hielo en los experimentos núms. 34 y 35 que en el núm 26.

En segundo lugar parece que se ha derretido mas hielo en un mismo tiempo quando la jarra estaba cubierta que quando estaba expuesta al ayre.

Esta diferencia es bastante considerable. La cantidad media derretida en el espacio de 30 minutos estando cubierta la jarra (experimentos 34 y 35), es de $690\frac{1}{2}$ granos; pero descubierta la cantidad media del que se ha derretido en los tres experimentos (números 39, 40 y 41), no ha pasado de $558\frac{1}{2}$ granos.

En tercer lugar la porcion de hielo derretido quando la jarra estaba expuesta al ayre ha sido mucho mayor quando el agua estaba al temperamento de 41 grados que quando estaba casi hirviendo. En el experimento núm. 41, en que el agua vertida sobre el hielo estaba al temperamento de 190 grados, no se derritiéron mas que 542 granos de hielo en el espacio de 30 minutos; y en el siguiente núm. 42, en que el agua estaba al temperamento de 41 grados, ó mas fría

de 149 grados , se derretieron 573 granos en el mismo tiempo.

Habia observado que quando la jarra estaba cubierta con algodón muy gordo derretia el agua caliente mayor porcion de hielo: deseaba saber qué efectos resultarian metiéndola hasta el borde entre agua y nieve en vez de meterla solo hasta el nivel del hielo que contenia.

Quería tambien averiguar al mismo tiempo si era posible que el agua á un temperamento un poco superior á aquel en que el frio dexa de condensar á este fluido, derretiese mas hielo en un tiempo determinado, que una cantidad igual del mismo fluido mas frio ó mas caliente. El resultado del experimento núm. 43 me ha demostrado lo que á la verdad me hubiera indicado un cálculo sencillo; es á saber, que quando el temperamento del agua excede en pocos grados al de la congelacion, si la cantidad ó la profundidad no es considerable, se enfriará bien pronto hasta el punto de retardar sensiblemente el derretimiento del hielo; y con respecto al agua caliente, la mayor porcion de hielo, que se habia derretido quando el vaso estaba envuelto en una cubierta de abrigo, me convencí de que la causa verdadera que estorbaba al agua caliente liquidar tanto hielo como la fria en los experimentos, eran los obstáculos opuestos á la fusion del hielo por las corrientes hácia abaxo formadas en el agua caliente, por el resfrio que produce el ayre que está en contacto con la superficie del liquido y con las paredes del vaso. Encontrándose estas corrientes descendientes en la region que permanece constantemente al temperamento de 40 grados con las ascendentes que se

levantan de la superficie del hielo, es probable que estas últimas, de las cuales depende la liquidacion del hielo, se habian retardado por este encuentro.

Quando se retardaba el resfrio del agua caliente superior por efecto del cobertizo que envolvía la parte superior del vaso, la velocidad de las corrientes hacia abaxo se habia disminuido realmente; pero así que cesaba esto, el experimento demostraba que se habia acelerado la liquidacion del hielo.

Quando por estar la jarra descubierta eran rápidos el resfrio del agua caliente, y por consiguiente los movimientos de las corrientes hacia abaxo, no se deshacian mas que 542 granos, ó á lo mas 575 en el espacio de 30 minutos; pero quando el brocal estaba envuelto con un cobertizo grueso, se derritiéron 634 granos, y aun en uno de los experimentos (núm. 35) 747 granos en el mismo tiempo.

Como se enfriaba mas pronto el agua caliente contenida en el vaso metiéndole entre nieve y agua, y se aumentaba por consiguiente la rapidez de las corrientes hacia abaxo, ¿no estorbaba esta operacion de un modo extraordinario á las corrientes ascendentes de agua al temple del hielo que acuden á la superficie de este, y no disminuía por esta razon la porcion de hielo derretido? Esto es lo que harán ver los siguientes experimentos comparados con el resultado de los números 39, 40 y 41.

Número de los experimentos.	Temperamento del agua en la jarra una pulgada baxo de su superficie.		Temperamento de la mezcla de agua y nieve en que se metió el vaso hasta su borde.	Permanencia del agua sobre el hielo.	Cantidad de hielo derretido.
	Al principio de experimento.	Al fin del experimento.		Minutos.	Granos.
N.º 45	188º	68º	32º	30	406
N.º 46	186	67	32	30	440
N.º 47	189	68	32	30	432
N.º 48	187	67	32	30	355
N.º 49	188	68	32	30	364

Cantidad de hielo derretida en los cinco experimentos 1997

Cantidad media derretida por el agua caliente quando el vaso estaba metido entre hielo disolviéndose, y agua..... 399½

Cantidad media derretida por el agua caliente en el espacio de 30 minutos en los dos experimentos núms. 26 y 27 quando la parte del vaso ocupada por el agua estaba rodeada de ayre al temperamento de 41º..... 456

Cantidad media derretida por el agua caliente en el espacio de 30 minutos en los tres experimentos núms. 39, 40 y 41 quando la parte del vaso ocupada por el agua estaba rodeada de ayre al temperamento de 61º.... 528½

Cantidad media derretida por el agua caliente

Tomo II.

R

en el espacio de 30 minutos en los experimentos núms. 34 y 35 quando la parte del vaso ocupada por el agua estaba cubierta con un algodón grueso..... 690½

Como todos estos experimentos se han hecho del mismo modo y con igual cuidado, y en nada se diferenciaban sino en el modo de cubrir el vaso desde el nivel del hielo hasta arriba, sus resultados presentan los efectos de estas diferencias.

Pudiera acaso haber sospechado que la mayor porción de hielo que se habia derretido quando el calor del agua de la vasija se habia conservado mas tiempo, se debia á lo menos en parte al calor comunicado de arriba abaxo por medio del vaso; pero es evidente que hubiera sido muy mal fundada esta sospecha, no solo por el modo con que se vió que se derretia el hielo, sino tambien por el resultado de unos experimentos semejantes hechos con agua mucho mas fria.

Si el hielo se hubiera derretido por el calor comunicado por el vaso, se hubieran derretido con preferencia las partes de su superficie mas inmediatas á él, lo que no he visto jamas que sea así.

El resultado de los experimentos siguientes demostrará lo que se podia prever fácilmente, es decir, que el temperamento del medio que rodea la parte superior de la vasija no afecta siempre al resultado del experimento en un mismo grado, ni siempre del mismo modo en los varios experimentos donde ha sido diverso el temperamento del agua.

Para facilitar la comparacion de estos experimentos con los antecedentes, y que son del mismo género, voy á reunirlos en una misma tabla.

Número de los experimentos.	Temperamento del agua en la jarra una pulgada baxo de su superficie.		Temperamento del medio que rodeaba la parte superior del vaso.	Permanencia del agua sobre el hielo.	Cantidad de hielo derretido.
	Al principio del experimento.	Al fin del experimento.		Minutos.	Granos.
N.º 50	41º	36º	32º	30	542
N.º 37	41	38	41	30	592
N.º 42	41	43	61	30	573

Verdaderamente es muy notable que el agua al temperamento de 41 grados haya derretido mas hielo quando el vaso estaba rodeado de agua y de hielo machacado, que el agua hirviendo en las mismas circunstancias. En el experimento núm. 50 se derritieron 542 granos de hielo, mientras que el derretido por el agua hirviendo, tomando el término medio de los cinco experimentos (núms. 45, 46, 47, 48 y 49), no ha pasado de 399 granos; pero el resultado de los quatro experimentos siguientes es aun mas admirable si es posible.

Estos se han hecho con el agua al temperamento de 61 grados, y lo mismo el del ayre de la pieza. En los dos primeros se metió el vaso hasta su borde entre nieve y agua: en los dos últimos la parte inferior solamente hasta el nivel del pedazo de hielo, y lo restante del vaso quedó descubierto y al ayre libre.

En cada uno de ellos, lo mismo que en los anterio-

res, se cuidó de cubrir antes de verter el agua en el brocal la superficie del hielo hasta la altura de 0,946 de pulgada con agua helada, para defender á esta mas eficazmente de los accidentales movimientos que ocurrían en el agua destinada para deshacer el hielo: se cuidó tambien de emplear siempre la misma porcion de agua, lo que era suficiente para llenar el vaso hasta la altura de 8 pulgadas.

Número de los experimentos.	Temperamento del agua en el vaso una pulgada baxo de su superficie.		Temperamento á l medio que rodeaba la parte superior del vaso.	Permanencia del agua sobre el hielo.	Cantidad de hielo derretido.
	Al principio del experimento.	Al fin del experimento.		Minutos.	Granos.
N.º 51	61º	49º	32º	30	660
N.º 52	61	50	32	30	662
N.º 53	61	60	61	30	642
N.º 54	61	60	61	30	650

Estos experimentos son notables no solamente por razon de la pequeña diferencia en las cantidades de hielo que se han derretido en virtud del efecto del resfriamiento de las paredes del vaso, sino tambien, y mas particularmente porque esta diferencia era directamente contraria á los efectos producidos por los mismos medios en los experimentos hechos con el agua caliente. Se ha derretido mas hielo quando el exterior del

vaso se ha mantenido al temperamento del hielo, que quando estaba cercado de ayre al temperamento de 61 grados.

Se puede en mi concepto dar la razon de estos hechos por los principios que he manifestado sobre el modo de propagarse el calor en los líquidos; pero sin empeñarnos ni engolfarnos en consideraciones abstractas, voy á tender la vista sobre los experimentos precedentes, y á ver quales son las consecuencias generales que se pueden deducir con seguridad.

Uno de los experimentos en que se ha derretido mayor porcion de hielo con el agua caliente es el del núm. 36, en el qual se han derretido 3963 granos en 3 horas ó 180 minutos. Si de esta cantidad se deduce la que segun el resultado de los experimentos anteriores se ha debido deshacer en el espacio de 30 minutos (690 granos y medio), quedáron 3272 granos y medio para derretirse en los 150 minutos últimos, que viene á ser 654 granos y medio para deshacerse en cada 30 minutos en la serie del experimento.

Esta porcion 654 granos y medio deducida de la que por el término medio de los experimentos números 34 y 35 se halla ser de 690 granos y medio verdaderamente derretidos en el espacio de 30 minutos, quedan 36 granos por la porcion derretida en ambos experimentos en virtud de los movimientos pasajeros, comunicados al agua caliente al echarla en el vaso. La diferencia entre ambas porciones, aunque sean los 36 granos, es de bien poca consideracion, y hace ver que las precauciones tomadas para minorar los efectos de estos movimientos habian sido muy eficaces.

Como los resultados de los tres experimentos números 34, 35 y 36 han sido muy regulares y convincentes, porque parece que se retuvo perfectamente el calor del agua con el abrigo que cubria el vaso, y como la fusion del hielo ha continuado regular y uniformemente durante bastante tiempo (3 horas), en el experimento 36 se puede inferir que no hubiera sido posible deshacer mas hielo por virtud del agua hirviendo extendida y fixa sobre su superficie, que el que se ha liquado en estos experimentos.

Esta porcion fue de 654 granos y medio en el espacio de 30 minutos.

Pero como no se ha usado en estos tres experimentos de los medios extraordinarios que han hecho se derrita una porcion considerable de hielo, no se les puede reputar semejantes á los que se han hecho con el agua fria, y por consiguiente no se pueden comparar con ellos.

Quando han sido semejantes los experimentos, los resultados de los que se han hecho con agua de diversos temperamentos fuéron como se sigue.

En los experimentos en que la parte del vaso ocupada por el agua estaba expuesta al ayre al temperamento de 60°.

Con agua hirviendo en los experimentos núms. 39, 40 y 41.....	Hielo derretido en el espacio de 30 ms. Granos. 558 $\frac{1}{2}$
---	---

Con agua al temperamento de 61°, experimentos núms. 53 y 54.....	646
--	-----

Con agua al temperamento de 41°, experimentos núms. 42 y 43.....	574
--	-----

En los experimentos en que la parte del brocal llena de agua estaba rodeada de hielo machacado y de agua; y por consiguiente al temperamento de 32°.

Con agua hirviendo en los experimentos núms. 45, 46, 47, 48 y 49.....	399 $\frac{2}{5}$
---	-------------------

Con agua al temperamento de 61°, experimentos núms. 51 y 52.....	661
--	-----

-Con agua al temperamento de 41°, experimento número 50.....	542
--	-----

Visto el resultado de estos experimentos, se puede aventurar la proposicion de que el agua hirviendo no puede deshacer mas hielo permaneciendo sobre su superficie que una porcion igual de agua al temperamento de 41 grados, ó 9 grados solamente sobre el punto de congelacion.

Me lisonjeo de que puede mirarse este hecho como una prueba sin réplica de que el agua es un perfecto *no-conductor de calor*, y que este no se propaga sino por virtud de los movimientos que aquella causa en las partes aisladas de este fluido (1).

Este descubrimiento presenta á nuestra vista una de las escenas mas interesantes de la economía de la naturaleza; pero para disponernos á contemplarla conviene acordarnos de lo que se ha dicho ya sobre la propagacion del calor en los fluidos, y particularmente en el agua, y añadir algunas observaciones accidentales que pueden ilustrar esta materia tan abstracta.

Los que se aprovechen del objeto de estas indagaciones no hallarán superfluas estas menudencias ulteriores.

(1) La advertencia que debemos á este descubrimiento sobre la naturaleza de las operaciones mecánicas, necesarias para las disoluciones químicas es bien clara para que haya necesidad de explicarla, y me parece que nos pone en estado de dar razon fundada de diversos fenómenos de las afinidades químicas, y aun de la vegetacion. ¿Podrán acaso atribuirse todos los movimientos que sufren los cuerpos inanimados del globo á la misma causa, es á saber, á la potencia no-conductora de los fluidos con respecto al calor?

CAPÍTULO III.

Recapitulacion y observaciones ultteriores sobre este asunto. Todos los cuerpos se condensan con el frio , á excepcion del agua. Efectos admirables que produce en la tierra esta ley particular de la naturaleza , relativa á la condensacion del agua. Esta excepcion de sus leyes generales es una prueba convincente de una causa final en la constitucion de nuestro globo; prueba que debe despertar los sentimientos de todo ser sensible y reconocido. Esta ley particular no tiene cabida en la condensacion del agua salada. Causa final del salobre del mar. El Océano está probablemente destinado por el Criador para regular y templar el calor , y no serviria para ello si fuera agua dulce. Causas finales de no ser salobres los lagos ó mares mediterráneos en las latitudes septentrionales. Utilidad de estas indagaciones.

Como la causa inmediata de los movimientos que sufren los líquidos quando varía su temperamento es manifestamente la variacion de la gravedad específica de sus partículas, que se calientan ó enfrian mas ó menos que el resto de la masa , y como la gravedad específica de ciertos líquidos se altera mucho mas con la alteracion de un temperamento determinado , que la de otros , ¿ no ha de producir esta circunstancia , absolutamente independiente de su mayor ó menor fluidez , alguna diferencia sensible en su facultad de transmitir el calor ?

Quanta mas expansion sufra un líquido con una

mutacion de temperamento, tanto mas rápido será el ascenso de las partículas que reciben los primeros efectos del calor; y como estas son reemplazadas inmediatamente por otras mas frias, que se calientan luego, resulta que este movimiento debe producir una comunicacion rápida de calor del cuerpo que calienta al líquido recalentado.

Pero quando por otra parte la gravedad específica de un líquido no se ha alterado casi nada con una alteracion determinada de temperamento, los movimientos ocasionados por el calor en sus partículas deben ser muy lentos, y por conseqüencia la comunicacion del calor mucho mas rápido.

Detengámonos aquí un momento para hacernos una pregunta interesante. Supongamos que en la disposicion general de nuestro globo hubiera querido el Criador que no se helase el agua durante el invierno, ó que en caso de helarse fuese con suma dificultad, con mucha lentitud, y en la menor porcion posible; ¿cómo se hubiera efectuado esto mas fácilmente?

Los que conocen las leyes de la condensacion del agua, á medida que se despoja de su calor, me han prevenido ya la respuesta á esta pregunta, y no creo que entre todas las que estan al alcance del entendimiento humano en la vasta extension de lo creado, haya una prueba mas palpable de la sabiduría del Ser supremo, y del cuidado particular con que dispuso el universo para conservar la vida animal, que esta admirable invencion. Porque aunque la extension y la inmutabilidad de las leyes generales de la naturaleza infunden en nuestra alma temor y respeto al Criador del universo; no obstante, *las excepciones de estas leyes*, ó las mo-

dificaciones particulares, de donde resultan efectos notoriamente útiles para nosotros, y para nuestros semejantes, persuaden todavía mas demostrativamente la verdadera intencion de la causa final, y deben excitar en nosotros los mas vivos sentimientos de admiracion, de amor y de reconocimiento.

Aunque la expansion del agua producida por el calor en los temperamentos mas calientes que el de la sangre sea muy considerable; sin embargo, es casi ninguna al acercarse al punto de congelacion. Pero lo que es aun mas de notar como una excepcion de las leyes mas generales de la naturaleza, quando el frio ha llegado á 8 ó 9 grados del punto de congelacion (*escala de Fahrenheit*), en lugar de proseguir condensándose, perdiendo su calor, experimenta verdaderamente una expansion segun se va enfriando, y esta se aumenta en razon del frio.

Si se supone que la porcion total de la condensacion de una cantidad determinada de agua hirviendo, enfriada hasta el punto de congelacion, se divide en cierto número de partes iguales, las condensaciones correspondientes á las alteraciones iguales del temperamento serán muy desiguales baxo diversos temperamentos.

Enfriándose hasta los $22\frac{1}{2}^{\circ}$, escala de Fahrenheit, ó la octava parte del intervalo entre el término del agua hirviendo y el de la congelacion, será la condensacion.

Condensacion

Enfriándose hasta los $22\frac{1}{2}^{\circ}$, Partes.		
es á saber, desde 212° á $189\frac{1}{2}^{\circ}$ — 18 —		
$189\frac{1}{2}$	167	— 16,2
167	144	— 13,8
144	122	— 11,5
122	$99\frac{1}{2}$	— 9,3
$99\frac{1}{2}$	77	— 7,1
77	$54\frac{1}{2}$	— 3,9
$54\frac{1}{2}$	32	— 0,2

De que resulta que la condensacion del agua, ó el aumento de su gravedad específica por haberse enfriado hasta los $22\frac{1}{2}^{\circ}$ (de Fahrenheit) es á lo menos noventa veces mayor quando está hirviendo que quando está al temperamento medio de la atmósfera de Inglaterra ($54\frac{1}{2}^{\circ}$), ó á los $22\frac{1}{2}^{\circ}$ del punto de congelacion, porque 18 es á 0,2 como 90 es á 1.

Todos los líquidos á la verdad se condensan mas enfriándose con una alteracion determinada de temperamento quando estan muy calientes que quando estan muy frios ; pero de nada sirven estas diferencias respecto de las que se observan en el agua.

La razon de la condensacion para enfriarse desde 212° á $189\frac{1}{2}^{\circ}$, con la que se verifica para lo mismo desde $55\frac{1}{2}^{\circ}$ hasta 32° en los fluidos, de que hemos hecho mencion, se ha determinado del modo siguiente por los experimentos de Mr. *De Luc*.

Aceyte..... como 1 $\frac{14}{100}$ á 1.

Espíritu de vino muy
fuerte..... como 1 $\frac{24}{100}$ á 1.

Solucion impregnada de
sal marina en el agua... como 1 $\frac{38}{100}$ á 1.

La diferencia entre las leyes de la condensacion del agua pura y del mismo fluido , disolviendo en ella cierta porcion de sal , es admirable; pero si consideramos los efectos que resultan de esta diferencia en ciertas disposiciones generales que ocurren en el globo, nos admiraremos mas.

Suplico al lector que me preste alguna atencion en el momento en que procuro desentrañar una de las materias mas interesantes , y reclamo al mismo tiempo su indulgencia.

Conozco que un mortal puede ser acusado de temerario quando intenta adivinar quales fuéron las miras del Ser supremo. La empresa es atrevida , mas no fuera de propósito.

La admirable sencillez de los medios empleados por el Criador para producir la alternativa de las estaciones , con las innumerables ventajas que de ellas resultan á los habitantes de la tierra , debe hacer ya una impresion fuerte y duradera sobre todo ser cuya alma no se ha degradado aun , ni hecho incapaz de probar sensaciones nobles y elevadas. Pero quanto mas extendamos nuestras indagaciones sobre la constitucion del universo , exâminaremos mas los efectos producidos por las diversas modificaciones de las potencias activas

que conocemos , y estaremos mas dispuestos á admirar y adorar el Ser supremo que ha dado la existencia á todas estas cosas.

Aunque el invierno y el estío , la primavera y el otoño , y toda la variedad de las estaciones han sido producidas del modo mas sencillo y mas admirable al mismo tiempo (la inclinacion del exe de la tierra con respecto al plano de la eclíptica) ; sin embargo , no bastaria este mecanismo particular en la fábrica del universo para producir estas alteraciones graduales de temperamento que existen en diversos climas , y que sin disputa son necesarias para precaver la destruccion de la vida animal y vegetal.

No porque parezcan necesarias las alteraciones de temperamento para el cabal crecimiento de la mayor parte de los vegetales han de estar contenidas á ciertos límites. Algunas plantas pueden soportar variaciones mas grandes de temperamento que otras. Pero el frio y el calor excesivos les son igualmente dañosos.

Como los rayos del sol son la causa inmediata del calor sobre la superficie del globo , y como la duracion de los dias es tan diferente en el invierno y en el estío en latitudes iguales , es evidente que para hacer habitables estas regiones ,era necesario algun remedio extraordinario que precaviese las consecuencias que esta grande desigualdad de calor , producida por el sol en el invierno y en el estío , hubiera podido causar , ó en otros términos , alguna cosa que pudiese regular el grado de calor , y moderar sus extremos en ambas estaciones.

Veamos hasta que punto contribuye el agua á es-

te efecto , y exâminemos despues cómo la ley notable , á la qual hemos visto que está sujeta su condensacion por el frio , influye en los resultados.

La vasta extension del Océano , su grande profundidad , pero aun mas sus numerosas corrientes , y la propiedad que tiene el agua de absorver una gran porcion de calor , la hacen perfectamente á propósito para servir de regulador del temperamento de la atmósfera.

A la retirada del sol , despues del solsticio del estío , siguen los vientos frios que vienen de las regiones donde reyna un perpetuo invierno , y caminan hácia el equador. Como la facultad que posee el sol de calentar la superficie de la tierra , y la masa del ayre se disminuye prontamente en las latitudes elevadas segun se van haciendo los dias mas cortos , el calor que ha producido es muy poco para contener la densa atmósfera que llega con fuerza de las regiones polares , y el frio se aumenta rápidamente.

Hay no obstante una circunstancia que modera en algun modo los progresos rápidos de la congelacion. La tierra , pero aun mas particularmente el agua , recogen una grande porcion de calor durante el verano , mientras que ambos reciben los efectos vivificantes de los rayos del sol , lo comunican al ayre frio que viene de las regiones polares , y sirve para suavizar su temperamento , y por consiguiente para disminuir la impetuosidad de su movimiento , y el efecto penetrante de los ayres del norte. Pero el ayre frio que acude segun se va el sol retirando , apura bien pronto el calor recogido durante el verano , y todos los cuerpos fluidos y sólidos se ven finalmente reducidos al temperamento de agua al temple del hielo. A este tiempo se

aumenta el frio con mucha rapidez, y seria mucho mayor sin la gran porcion de calor que se comunica al ayre por los vapores aquosos que se han condensado, primeramente congelado despues en la atmósfera, y que caen luego sobre la tierra en forma de nieve; la porcion considerable de calor mucho mas grande que proviene del agua de los rios, de los lagos y de la tierra misma en el acto de su congelacion, precave tambien eficazmente la graduacion muy rápida del frio.

Pero en los paises muy frios la tierra está helada y cubierta de nieve, todos los rios y lagunas estan lo mismo al principio del invierno, y entonces es quando el frio se hace extremado, y no parece que resta ningun manantial de calor que pueda moderarlo sensiblemente.

Veamos ahora lo que hubiera sucedido si las cosas hubieran sido abandonadas á su curso natural; si la condensacion del agua quando está sin calor alguno hubiera seguido la ley que sufre en otros fluidos, y aun algunas veces en el agua misma mezclada con otros cuerpos.

Si la Providencia no hubiera intervenido de un modo que se puede mirar como milagroso, toda el agua dulce en las zonas polares se hubiera helado hasta una gran profundidad durante un invierno; todas las plantas y todos los arboles hubieran sido destruidos, y es mas que probable que las regiones de frio constante se hubieran extendido al rededor de los polos, y que adelantándose poco á poco hacia el equador, hubieran comprehendido en el imperio triste y solitario del frio las partes del que son ahora las mas fértiles y las mas habitadas.

Baxo las latitudes en que se celebra con alegria la primavera , en que la tierra se viste con sus adornos mas bellos , y en que millones de seres vivientes entonan al Criador himnos de reconocimiento, no se hubiera oido mas que el silbido de los vientos mas ásperos , ni visto otra cosa que nieve y hielo , ó densas nubes cargadas de escarcha.

Intentemos profundizar con circunspeccion y con el respeto que conviene á las criaturas débiles quales han sido los medios que ha empleado un Dios todopoderoso y bueno para proteger las mas bellas partes de su creacion.

Como la nutricion y la vida se comunican á todos los vivientes por medio del agua dulce , líquida y corriente , era necesario para conservar la vida animal y vegetal , que permaneciese fluida una porcion grande de agua en el invierno como en el verano.

Pero en los climas frios el temperamento de la atmósfera durante muchos meses del año pasa tanto del punto de congelacion , que si el Criador no hubiese tomado medidas para precaver un efecto tan fatal , toda el agua se hubiera convertido necesariamente en hielo ; lo que hubiera causado la destruccion de todo viviente.

Ha sido pues necesario emplear medios extraordinarios para conservar fluida en estos climas tan ásperos el agua, indispensablemente necesaria para la conservacion de la vida animal y vegetal , y esto no se ha podido hacer sino estorbando que esta agua se desprenda enteramente de su calor , comunicándolo á la atmósfera.

He demostrado evidentemente, en mi concepto, que los líquidos no se desprenden de su calor sino por vir-

tud de sus movimientos interiores, y que quanto mas rápidos son estos movimientos, tanto mas se desprenden del calor. Se ha demostrado igualmente que estos movimientos interiores son causados por las alteraciones de la gravedad específica del líquido, ocasionadas por una mutacion de temperamento, y que por consiguiente estos movimientos son mas rápidos quando la gravedad específica del líquido se ha cambiado notablemente por una grande variacion en su temperamento.

Pero se ha visto que la alteracion en la gravedad específica del agua es muy poco considerable quando se verifica en una parte de la escala termométrica situada debaxo del temperamento medio de la atmósfera, y especialmente quando el temperamento del agua está próximo al punto de congelacion; de donde resulta que el agua se desprende muy lentamente de su calor quando se acerca al punto en que debe quedar helada.

Hay todavía otra circunstancia mas extraordinaria, admirable en sus efectos, y que merece ser examinada. Quando el agua se ha enfriado hasta los 8 ó 9 grados de Fahrenheit mas del punto de congelacion, no solamente dexa de condensarse interiormente, sino que á medida que va perdiendo su calor, comienza á dilatarse, y esta expansion se aumenta mientras se enfria en tanto que conserva su fluidez; quando está hecha hielo no cesa la expansion, y el hielo flota sobre la porcion no congelada.

Veamos ahora cómo retarda esta propiedad singular del agua el que se enfrie quando está expuesta á una atmósfera muy fria.

Es bien sabido que no se comunican nada de ca-

lor dos cuerpos estando en un mismo temperamento: tambien se sabe que la tendencia que tiene el calor al pasar de un cuerpo cálido á otro mas frio que él, con quien esté en contacto, es tanto mayor quanto lo es la diferencia de sus temperamentos.

Supongamos ahora que una masa de ayre friísimo reposa sobre la superficie tranquila de una gran laguna de agua dulce al temperamento de 55 grados de Fahrenheit: las partículas de agua que estan en la superficie, dando una parte de su calor al ayre frio con quien estan en contacto, y por causa de esta pérdida de calor, vienen á ser específicamente mas pesadas que aquellas sobre que descansan y deben baxar forzosamente al fondo. Estas partículas enfriadas obligan en su descenso á las otras á subir á la superficie; estas despues de enfriadas caen tambien, y toda la masa de agua se pone en movimiento mientras que se está enfriando.

Antes de desenvolver los progresos de esta operacion en sus diversos períodos, es necesario que yo prevenga una objeccion que se pudiera hacer quando procuré explicar el fenómeno. Como he supuesto que la masa de ayre que está en contacto con el agua era muy fria, y he mirado como un hecho demostrado que no habia ninguna comunicacion de calor entre las partículas de agua contiguas al ayre frio, y las mas cálidas que estan inmediatas, se pudiera preguntar ¿cómo es que estas partículas que estan en la superficie no se enfrian desde luego suficientemente para convertirse en hielo? Respondo á esta objeccion, que hay dos causas que concurren á precaver la formacion súbita del hielo sobre la superficie del agua. Primera, la gravedad

específica de la partícula de agua que está en la superficie, como se aumenta en el momento mismo en que se desprende de su calor, empieza á baxar así que empieza á enfriarse, y se escapa antes que el ayre haya tenido tiempo de despojarla de todo su calor. Segunda, por ser el ayre un mal conductor, no puede recibir el calor, ni transmitirle tan rápidamente para enfriar la superficie del agua con una prontitud bastante para impedir los movimientos de las partículas de este líquido en el acto de su enfriamiento.

Pero volvamos á los lagos de que he hablado. Desde que el agua conforme se va enfriando ha llegado al temperamento de 40 grados, como en este temperamento dexa de condensarse, sus movimientos internos cesan al mismo tiempo, y las partículas que se hallan en la superficie permanecen allí; y despues de haberse enfriado hasta el punto de congelarse, se desprenden de su calor oculto, y empieza á formarse el hielo.

Cubierta de hielo la superficie del agua, se comunica su calor á la atmósfera con suma lentitud y dificultad, porque como el hielo es un mal conductor de calor; forma con respecto al agua una cubierta de mucho abrigo, y ademas estorba que la agite el viento. Despues como el temperamento del hielo en su superficie inferior es tambien poco mas ó menos el mismo que el de las partículas de agua líquida con quienes está en contacto, las mas cálidas baxan por razon de su gravedad específica, y se hace por consiguiente mucho mas lenta la comunicacion del calor entre el agua y el hielo.

Así que la superficie del hielo está cubierta de nie-

ve, lo que sucede ordinariamente poco despues de formado el hielo, se presenta un nuevo y poderoso obstáculo, que estorba que el calor se escape del agua; y aun quando reynase en la atmósfera el frio mas intenso, se haria mas grueso el hielo con mucha lentitud por razon de esta circunstancia particular.

Durante este tiempo la masa de agua que no está helada no pierde ninguna parte de su calor; al contrario lo recibe del fondo de la tierra. Este calor acumulado en el suelo durante el estío sirve no solamente para reemplazar en algun modo el que se le ha comunicado á la atmósfera por medio del hielo, sino tambien para estorbar que este calor se suministre á costa del oculto del agua contigua con su superficie; pero quando el temperamento del ayre no sobrepuja mucho al punto de congelacion, este suplemento de calor que el agua recibe basta ciertamente para reemplazar el que roba el ayre, y no se aumenta el grueso del hielo.

Siempre que el temperamento no sea verdaderamente mas frio que el término de congelacion, el calor que se levanta del fondo del lago sirve para derretir el hielo por su superficie inferior, y para disminuir su espesura.

Sucedirá sin embargo muy á menudo quando el hielo sea muy grueso, y especialmente quando su superficie esté cubierta de una gran porcion de nieve, que se haya derretido el hielo por su superficie inferior, aun quando el temperamento de la atmósfera sobrepuje al punto de congelacion.

Como las partículas de agua que reciben el calor de la tierra del fondo del lago adquieren un tempera-

mento mayor que el de 15 grados , y por consiguiente cierta expansion que les hace específicamente mas ligeros ; por causa de este calor adicional se elevan hácia la superficie del agua fluida , y comunican su calor sensible á la superficie inferior del hielo sin volver jamas al fondo. Esta comunicacion de calor , que dimana de la tierra , produce poco movimiento en la masa del agua ; y esta circunstancia es sin duda muy favorable para la conservacion del calor en el líquido.

Quando reyna un viento fuerte , y está muy agitada la superficie del agua , no se forma hielo , aunque toda la masa de agua hubiera sido puesta de antemano , por causa del frio continuo en el punto de cesar sus movimientos intestinos , y que estuviese dispuesta á helarse ; porque aunque las partículas de la superficie y cerca de ella no tengan ya tendencia alguna al descenso por causa de un resfrio ulterior ; no obstante , como tienen una porcion tan grande de calor sensible (8 ó 10 grados) , de que pueden disponer así que ha cesado su condensacion por efecto del frio , y como la agitacion que el viento mantiene en el agua no permite á ninguna de las partículas del líquido permanecer contiguas mucho tiempo con el ayre frio para desprenderse de todo su calor de una vez , hay en la superficie una sucesion continua de partículas nuevas , que todas comunican calor al ayre ; pero ninguna de ellas tiene tiempo para enfriarse tanto , que esté dispuesta á convertirse en hielo. El agua pierde tambien una gran porcion de calor ; y así que cesa el viento , si el frio continúa , se formará el hielo prontamente.

Pero no es sola la agitacion del agua la que hace

muy rápida la comunicacion del calor; la agitacion del viento propende tambien á producir el mismo efecto.

A la vuelta de la primavera , derritiéndose la nieve á la llegada del sol quando sus rayos la hieren mas directamente, se emplea todo el calor que exhala la tierra en deshacer la superficie inferior del hielo, mientras que el sol por otra parte obra aun con mas energia para producir el mismo efecto.

Aunque el hielo sea diáfano , no lo es perfectamente ; y como la luz que se intercepta en su penetracion no puede menos de producir calor donde está detenida , no es de admirar que se vea derretir la nieve quando está expuesta á los rayos del sol, aun quando el temperamento del ayre de la sombra sobrepujase al punto de congelacion. La nieve expuesta al sol se derrite mucho antes que la superficie unida del hielo sea herida por los rayos solares , y hasta despues de algun tiempo de estar descubiertas las montañas no empieza á derretirse el hielo de los lagos y de los rios.

Los rayos que penetran una capa de nieve, experimentando continuas reflexiones y refracciones, la penetran hasta cierta profundidad, y el calor está depositado en un lugar donde no tiene peligro de ser arrebatado por el ayre frio de la atmósfera ; pero los rayos que hieren la superficie unida del hielo son por la mayor parte reflexados á la atmósfera , y si algunos de ellos se detienen en la superficie del hielo , el calor que producen es usurpado en el instante con el ayre frio ; y una partícula de agua, así que dexa su fluidez, toma en el instante la consistencia del hielo.

En consecuencia de esto no tan solamente vemos que la nieve que en los paises frios cubre el hielo for-

mado sobre la superficie del agua dulce estorba que el ayre robe el calor de esta durante el invierno, sino que tambien vemos que su presencia contribuye infinito para derretir el hielo en la primavera.

Exâminemos ahora quales hubieran sido las conseqüencias de la condensacion del agua por el frio, si hubiera seguido la ley establecida para los demas fluidos.

Como no hubieran cesado los movimientos intestinos del agua mientras que hubiese ido en aumento su gravedad específica, á medida que el líquido se hubiese enfriado, no se hubiera formado hielo hasta que toda la masa estuviese reducida al temperamento de 32 grados de Fahrenheit.

Para saber la enorme cantidad de calor que se hubiera perdido en las aguas profundas enfriándose toda la masa del líquido de esta manera, no hay mas que calcular quanto hielo hubiera podido liquidar este calor, ó quanta agua hubiera podido hacer pasar desde el estado de hielo hasta el de agua hirviendo.

Se sabe experimentalmente que una porcion dada de hielo necesita para derretirse tanto calor como pierde una cantidad igual de agua fluida para enfriarse hasta los 140 grados; por consiguiente la porcion de hielo que se hubiera podido derretir por el calor dimanado de una porcion de agua determinada en el acto de enfriarse hasta cierto número de grados, es á la cantidad de agua dada, como el número de grados de la que se ha enfriado es á los 140 grados.

De donde se sigue que quando el temperamento del agua está 8 grados sobre el término del hielo, pierde tanto calor para tocar á este temperamento co-

mo seria menester para derretir $\frac{8}{140}$ ó las $\frac{2}{35}$ de su peso de hielo ; por consecuencia el agua que se ha enfriado desde el temperamento de 40 grados hasta los 32, si tiene 35 pies de profundidad, suministrará durante este resfrío una porcion de calor que bastaria para derretir una capa de hielo de 2 pies de grueso.

Mas no es esto todo; porque como las partículas de agua enfriadas en la superficie hubieran por consecuencia del aumento de su calor descendido en el instante al fondo del agua, se hubiera perdido la mayor parte del calor acumulado durante el estío en la tierra antes de que el agua empezara á congelarse ; y una vez formado el hielo, se hubiera hecho mas y mas grueso con mucha rapidez , y hubiera continuado aumentándose durante el invierno ; y parece muy probable que en los climas que estan actualmente templados, el agua de los lagos grandes se hubiera helado durante un invierno riguroso hasta una profundidad tal, que no bastaria el calor del estío siguiente para derretir una masa semejante ; y si esto sucediese una sola vez , el invierno siguiente no dexaria de convertir toda la masa de aguas en un cuerpo sólido de hielo, que no recobraría jamas su forma líquida, sino que permaneceria en este estado hasta el fin del mundo.

Mr. de Saussure ha descubierto que en el mes de Febrero despues de una helada que habia durado un mes, siendo el temperamento del ayre de 38 grados, era el del lago de Ginebra en su superficie de 41 grados , y á 1000 pies de profundidad de 40 grados. Si la helada hubiese continuado un poco mas tiempo , se hubiera convertido en hielo ; pero si la constitucion

del agua hubiese sido tal, que toda la masa del fluido contenido en el lago se hubiera enfriado hasta el temperamento de 32 grados antes de formarse el hielo, no hubiera ocurrido este suceso hasta que el agua hubiese suministrado una porcion de calor que bastase para derretir una capa de hielo de 57 pies de grueso.

Esta cantidad de calor hubiera bastado para calentar hasta el estado de hervor una porcion de agua helada tan extensa como el mismo lago, y de 49 pies de profundidad.

No se pudiera admirar bastante la sencillez del medio que conserva todo este calor: esta invencion merece compararse con la que produce la revolucion de las estaciones; y pienso que todo observador de buena fe, que se desentienda de qualquiera preocupacion, convendrá conmigo en que se debe atribuir la causa al mismo autor.

Si se consideraran aun con mas detencion los admirables efectos producidos sobre la tierra por la accion de esta ley tan sencilla, que sigue la condensacion del agua, desprendiéndose de su calor, habria precision de admirar cada vez mas la utilidad de esta ley y la sabiduría de su autor.

Para que fuesen habitables las regiones situadas bajo las altas latitudes, era necesario que los vegetales estuviesen al abrigo de las heladas fuertes que acompañan á un largo y cruel invierno; pero si es verdad que los líquidos acuosos no se desprenden de su calor sino por virtud de sus movimientos intestinos; y si estos movimientos no tienen lugar sino por razon de la alteracion producida en la gravedad específica de las partículas del líquido que reciben el calor, ó que se

desprenden de ellas , ¿quién no notará que la disminucion repentina , y en fin la cesacion final de la condensacion del agua por el resfrío así que su temperamento se acerca al punto del hielo , es el preservativo mas eficaz del xugo contra la congelacion?

Pero si es necesario para la conservacion de la vida y de la vegetacion que la tierra , los rios , los lagos y los árboles esten preservados de la furia de los vientos polares , se puede preguntar ¿cómo se puede volver á calentar este diluvio de ayre frio? Respondo, que solo por las aguas del Océano; y hay motivo para creer que estan destinadas para este efecto.

El agua del mar contiene una porcion de sal disuelta ; y hemos visto anteriormente que la condensacion de una solucion salada seguia al enfriarse una ley muy diversa de la del agua dulce : esta ley , como se puede demostrar , está particularmente destinada para que el agua pueda comunicar su calor á los vientos frios que pasan por su superficie.

Como el agua del mar continúa condensándose á proporcion que se enfria , aun despues de haber pasado el punto por donde el agua dulce pasa al estado de hielo , las partículas que estan en la superficie , en vez de permanecer en ella despues que la masa de agua se ha enfriado hasta casi los 40 grados , y de impedir por consiguiente la subida de las partículas inferiores, y comunicar su calor al ayre frio (lo que sucede siempre que el agua fria ha llegado á este término), baxan así que se desprenden de su calor , y por su movimiento obligan á otras mas calientes á subir á la superficie , y por virtud de esta continua sucesion se comunica al ayre una porcion grande de calor , y aun mucho mas que

el que pudiera suministrar una porción igual de agua dulce del mismo temperamento, como se verá en el cálculo siguiente.

Sin entrar en cuenta la gran ventaja que el agua del mar tiene con respecto á la dulce, considerándola como un regulador del temperamento atmosférico, calidad que depende de la diferencia respectiva de los términos de congelacion de ambos líquidos; suponiendo aun que el agua del mar se hiela hasta un temperamento tan subido como el agua dulce, es á saber, el de 32 grados, y suponiendo tambien lo que es cierto, que así que una ú otra agua estan heladas por su superficie, y que el hielo está cubierto de nieve, cesa casi del todo la comunicacion del calor á la atmósfera, procuraremos determinar el exceso de calor que en esta suposicion se hubiera comunicado al ayre por el agua del mar mas bien que por el agua dulce, quando ambas hubiesen llegado al temperamento de 40 grados.

Quando el agua dulce llega á dicho temperamento dexa de ser condensada por el frio; y sus movimientos interiores, que, como ya hemos observado, deben únicamente su origen á las alteraciones ocurridas en la gravedad específica de sus partículas, cesan de hecho, y empieza á formarse el hielo en su superficie; pero como la condensacion del agua salada continúa en proporcion que su calor se disminuye, se perpetuan los movimientos interiores, y es evidentemente imposible que se forme hielo en su superficie hasta que toda la masa de agua haya llegado al término de la congelación, es decir, que esté al temperamento de 32 grados; suministraria pues una cantidad de calor de 8 gra-

dos, á lo menos, de Fahrenheit mayor que la que pudiera suministrar el agua dulce antes que se pudiese formar hielo en su superficie.

Para formar una idea de esta enorme porción de calor no hay mas que traer á la memoria lo que ya se ha dicho, y se podrá deducir que ella sola bastaria para derretir una capa de hielo, cuyo grueso igualase las $\frac{2}{36}$ partes

de la profundidad del mar. Bastaria por consiguiente en la parte del mar del Norte que está á la latitud de 67 grados, donde el Lord Mulgrave hizo echar la sonda hasta la profundidad de 281,568 líneas, para derretir una capa de hielo de 43,576 líneas de grueso.

Pero el calor que saldria del mar en el acto de la formacion de cada 167,6 líneas quadradas de hielo bastaria para elevar á 28 grados el temperamento de la capa de ayre situada sobre él, y 140,784 veces mas gruesa que el hielo, ó en el caso de que se trata, 43,576 líneas \times 140,784 líneas (1,500 leguas castellanas de grueso) ó en fin, lo que es una misma cosa, este calor bastaria para elevar el agua desde el término de congelacion hasta el temperamento de 50 grados (termómetro de Fahrenheit): en el temperamento medio de las partes septentrionales de la Alemania.

El calor comunicado al ayre por cada 167,6 líneas quadradas de agua basta por el resfrío de un grado para calentar 10, una capa de ayre contigua á ella, y 44 veces mas elevada que lo que está el agua de profunda; de donde se puede inferir quanto debe contribuir el agua del Océano, que no se hiela jamas, á excepcion de las latitudes muy elevadas, para calentar otra vez el ayre frio que viene de las regiones polares.

Pero el Océano no es menos útil para moderar el frío extremo de las regiones polares que para templar los calores excesivos de la zona tórrida; y, lo que es muy digno de observarse, la propiedad que tiene el agua del mar para conseguir este importante objeto, se debe á la misma causa que la hace particularmente á propósito para suministrar calor baxo las altas latitudes, es á saber, á la sal que está disuelta en ella.

Como la condensacion del agua salada por el frío continúa mucho tiempo despues que se ha enfriado hasta el temperamento que haria se helase el agua dulce, las partículas de la superficie que se han enfriado por el contacto con los vientos frios, deben baxar y ocupar su puesto en el fondo del mar, donde deben permanecer hasta que adquiriendo una cantidad adicional de calor, se disminuya su gravedad específica; pero ellas no pueden recobrar jamas este calor en las regiones polares, porque numerosos experimentos han demostrado indubitavelmente que no hay principio alguno de calor en las partes interiores del globo que penetrando por el fondo del Océano pueda elevar el temperamento del agua que contiene.

Se ha descubierto que el temperamento de la tierra en grande profundidad es diverso en diferentes latitudes; y no hay la menor duda en que el temperamento del fondo del mar sigue la misma ley, salvo las modificaciones que puede sufrir por las corrientes que atraviesan por él en todas direcciones. Esto prueba evidentemente que la permanencia del temperamento en invierno y en estío á profundidades muy grandes se debe á la accion del sol, y no al efecto de un fue-

go central , como afirman muchos físicos sin haberlo reflexionado.

Pero si el agua del Océano que baxa al fondo del mar privada de una gran parte de su calor por los vientos frios , no puede calentarse en el lugar que ha descendido , como su gravedad específica es mayor que la del agua en la misma profundidad baxo latitudes mas templadas , debe extenderse inmediatamente hácia el fondo del mar , y correr hácia el equador : lo qual ha de producir necesariamente una corriente en la superficie con una direccion opuesta ; y de la existencia de ambas corrientes se tienen pruebas convincentísimas.

La prueba de la existencia de una de ellas basta sin duda para certificar la existencia de la otra por razon de su dependencia recíproca y necesaria , segun las leyes de la hidráulica ; pero hay todavía otras pruebas directas que contestan esta verdad.

La corriente del golfo en el mar atlántico no es otra cosa que una de estas corrientes que existe en la superficie , y se dirige desde el equador hácia el polo ártico : corriente que es modificada por los vientos *alisados* (1) y por la hechura del continente de la América septentrional. La direccion de la corriente inferior está probada por el frio que existe en el fondo del mar baxo latitudes muy cercanas al equador : grado de temperamento que es muy inferior al temperamento medio de la tierra baxo las latitudes donde se ha obser-

(1) Vientos *alisados*. Así se denominan por los Náuticos los que corren entre los trópicos , y soplan siempre de una misma parte.

Nota del traductor.

vado, y que por consiguiente viene de las mas cercanas al polo.

El temperamento medio y anual baxo la latitud de 67 grados ha sido fixado por Mr. Kirwan en su excelente tratado sobre el temperamento de las diferentes latitudes á 39 grados; pero el Lord Mulgrave ha descubierto el dia 20 de Junio, quando el temperamento del ayre estaba á los $48\frac{1}{2}^{\circ}$, que el del mar á la profundidad de 4680 pies excedia en 6 grados al punto de hielo, ó 26 grados (termómetro de Fahrenheit.)

El dia 31 de Agosto baxo la latitud de 69 grados, donde el temperamento medio es de casi 38 grados, el temperamento del mar á la profundidad de 4038 pies era de 32 grados, siendo al mismo tiempo el de la atmósfera, y probablemente el del agua de la superficie del mar de $59\frac{1}{2}^{\circ}$.

Pero una prueba mas convincente, y aun puedo añadir que sin réplica, de la exístencia de las corrientes de agua fria en el fondo del mar, que vienen de los polos al equador, es la diferencia notable que se ha visto existe entre el temperamento del mar en su superficie, y á una grande profundidad baxo del trópico, aunque el temperamento de la atmósfera en esta latitud sea tan constante, que las alteraciones mayores que las estaciones pueden producir, no pasan de 5 ó 6 grados. Se ha descubierto no obstante que la diferencia entre el calor del agua en la superficie del mar, y la que existia á 3600 pies de profundidad, no se eleva menos de 31 grados, siendo el temperamento en la superficie de 84, y el del fondo del mar de 53 grados (1).

(1) Véanse las Transacciones filosóficas año de 1752.

Paréceme muy difícil, por no decir imposible, explicar este grado de frio en el fondo del mar baxo la zona tórrida de otro modo que suponiendo que vienen corrientes frias desde los polos: la utilidad de estas corrientes para templar el excesivo calor de estos climas no tiene necesidad de explicacion.

Estas corrientes son producidas, como ya he dicho, por la diferencia en la gravedad específica del agua del mar baxo diversos temperamentos: sus velocidades deben pues estar en proporcion de la alteracion causada en la gravedad específica por una alteracion de temperamento determinado; de donde se ve que su rapidez debe ser mucho mayor en el agua salada que lo que hubiera podido ser si el Océano contuviese agua dulce.

Es bastante notable que el agua de todos los lagos grandes sea dulce, y casi dulce en los mares mediterráneos de los paises frios, tales como el Báltico, aunque estos mares se comunican con el Océano por diversos canales bastante estrechos. Se debe conjeturar que esto no se ha hecho por casualidad, si se consideran las fatales conseqüencias que hubieran resultado, de que el agua de los grandes lagos situados en el interior de los climas frios, tales, por exemplo, como el lago superior en la América septentrional, fuese tan salada como la del mar.

Aunque los vientos frios que pasan sobre la superficie del lago al principio del invierno fuesen mas cálidos, y que el temperamento del ayre en las orillas opuestas al parage por donde viene el viento fuese mas suave que lo es por lo comun; no obstante, como el agua del lago suministraria una inmensa porcion de calor antes de formarse en su superficie un cobertizo de hielo

capaz de conservarle , la atmósfera al volver la primavera estaria sumamente fria : como seria necesario mucho tiempo para que la influencia del sol hiciese recobrar al agua la enorme cantidad de calor que perdió en el invierno , permanecería el agua probablemente muy fria durante la primavera y una gran parte del verano , y esto no dexaria de enfriar la atmósfera , y de detener los progresos de la vegetacion en la comarca hasta una distancia bastante grande. Así aunque un gran lago de agua salada situado en un país frio contribuyese á hacer el invierno un poco mas suave por la parte opuesta á aquella por donde viniesen los vientos , esta ventaja se limitaria á una pequeña extension de terreno , y jamas seria de grande importancia en comparacion de las fastidiosas consecuencias que produciria en el estío una masa tan grande de agua fria.

Quando el invierno tiene su curso y temperamento propio de tal , quando la tierra está cubierta de nieve , quando los lagos y los rios estan helados , y particularmente quando la tierra y el hielo estan defendidos con su vestido de invierno , la nieve , entonces no puede causar efecto ninguno pernicioso algunos grados mas de frio en el ayre.

Esta diferencia puede obligar á los habitantes á tomar nuevas precauciones para librar sus ganados y provisiones del rigor del tiempo ; pero el frio del invierno no puede tener mucha influencia sobre el temperamento del estío siguiente , y es probable que de tener alguna es para hacerlo mas cálido.

Los lagos de agua salada no serian pues de ninguna utilidad en el invierno en los países frios , y en el verano no dexarian de ser muy perjudiciales ; mientras

que los de agua dulce , que casi siempre estan cubiertos de hielo desde el principio del invierno , y mucho tiempo antes que se enfrie toda la masa de agua hasta el temperamento del hielo , conservan una gran parte de su calor durante el invierno ; y si no son útiles en esta triste estacion , no causan casi mal alguno en el verano.

Pero por consideracion á mis lectores no extenderé mas mis razonamientos y conjeturas. Si me he entregado algun tanto al placer de tratar de esta materia , es porque la miro como infinitamente interesante , y porque he creido que estas consideraciones podrian servir de algo en este siglo de *refinamiento y de scepticismo*. Si el temor de un Dios , y la práctica de las obligaciones religiosas propenden á suavizar las costumbres y el carácter de las naciones bárbaras , y aun á preparar el alma para los goces pacíficos que resultan de la paz , del orden , de la industria y de las relaciones sociales ; el *convencimiento de la exístencia de un ente supremo* , que gobierna el universo con sabiduría y con bondad , no es menos necesario para la felicidad de aquellos que cultivando sus facultades intelectuales , *han aprendido lo mucho que ignoran*.

DESCRIPCION DE LAS LÁMINAS.

LÁMINA I.^a

Esta lámina representa el termómetro cilíndrico, llamado de *paso*, que se ha usado en los experimentos para determinar la potencia conductora de los líquidos con respecto al calor.

Fig. 1.^a a, b, seccion del tubo de cobre en el qual está colocado el termómetro *C*, con un receptáculo oblongo de cobre.

e, f, tubo de cristal del termómetro que por falta de extension de la lámina se representa como cortado por el punto *f*.

g es un tapon de corcho que tapa la extremidad del tubo de cobre: *a, b* y *h* es un disco circular de corcho: el espacio entre el tubo de cobre por debaxo del disco *h* que rodea el globo del termómetro estaba ocupado con el líquido cuya potencia conductora se debia determinar. El espacio entre el disco y el tapon *g* estaba lleno de pelusa.

Entre el interior del tubo de cobre y la parte inferior del globo del termómetro se ven las cuñas de madera que servian para mantener el termómetro en su puesto.

Fig. 2.^a Seccion horizontal del tubo de cobre y vista á vuelo de páxaro del termómetro puesto en su lugar.

LÁMINA II.^a

Fig. 3.^a Esta figura indica el modo de disponer el aparato quando un pedazo de hielo en el fondo de un tubo de vidrio muy largo se ha derretido con el agua caliente que se ha echado en su superficie.

a es la vasija de barro llena de hielo machacado y de agua, donde se ha colocado el tubo del vaso *b*.

c, d, nivel de la superficie superior del hielo en el tubo.

e, f, nivel de la superficie del agua echada sobre la superficie del hielo en el tubo.

ENSAYO SEPTIMO.

PARTE SEGUNDA.

*Sobre el modo con que se propaga el calor
en los fluidos.*

CAPÍTULO IV.

*Contiene el detalle de diversos experimentos nuevos
con notas y observaciones que tienen relacion con ellos;
y diversas conjeturas sobre las afinidades, la solucion
y el principio mecánico de la vida animal.*

Al fin de un extracto circunstanciado de la primera edicion de este Ensayo, que se ha publicado en Ginebra, ha agregado el redactor (el profesor Pictet) el extracto siguiente de una de mis cartas, con fecha de 9 de Junio de 1797, en contestacion á una de las suyas, por la qual me acusaba el recibo de una copia del manuscrito de este Ensayo que le habia remitido.

„ Me hubiera admirado de que mi Ensayo séptimo
„ no os hubiese interesado; porque jamas he tenido pla-
„ cer mas verdadero que quando hice los experimen-
„ tos cuyos detalles os he dado en esta obra. Quizá
„ os sorprehendereis quando os diga que he suprimi-
„ do un capítulo entero de conjeturas interesantes, para
„ dexar un campo libre á los que quisieren dedicarse
„ á hacer observaciones curiosas sobre este objeto; y

„para dar mas firmeza á la reflexi3n con que concluye este Ensayo : reflexi3n que considero como la mas importante de quantas he publicado hasta ahora.”

Como podria interpretarse de muchos modos este pasage de un escrito que no estaba destinado para publicarse , me considero obligado, no solamente á explicarlo , sino tambien á manifestar al público hasta donde he adelantado mis meditaciones para averiguar el punto de que se trata. Es un acto de justicia debido á los que pudieren seguir la misma carrera ; porque no seria generosidad en mí , *afirmando de un modo vago, que he hecho descubrimientos importantes que no debo publicar* , dexar subsistir las dudas sobre la autenticidad de estos descubrimientos ; pues de este modo desanimaria la emulacion de los que quisiesen seguir los mismos pasos que yo , en lugar de excitarla ; aventurando estas aserciones , hubiera tenido ocasion para aprovecharme del trabajo ageno ; y no podré tranquilizarme hasta haber probado que estoy muy distante de semejantes ideas.

Mi digno amigo el profesor Pictet quando publicó este extracto de una carta particular , no podia sospechar en mí semejantes intenciones ; pero los que no me conocen como él no creerán tal vez mi desinterés ni mi franqueza sin que yo les dé pruebas de ella.

Respecto á la asercion de mi carta, relativa á haber suprimido un capítulo entero de conjeturas muy interesantes , con el único fin de excitar á los que quisiesen hacer observaciones sobre la propagacion del calor en los fluidos es rigurosamente cierto , como se convencerá por la continuacion de este Ensayo que

voy á presentar al público ; y estoy persuadido á que los que exâminaren con cuidado las razones que me han movido á obrar de este modo , las aprobarán.

Despues de haber presentado , como presumia , una perspectiva nueva , y de las mas atractivas para los que se complacen con observaciones filosóficas , temia que si continuaba mas adelante , otras personas en vez de abrirse ellas mismas el camino , se contentarian acaso con seguir mis huellas ; y de consiguiente que la mayor y la mas interesante parte del vasto campo de descubrimientos que se ofrecia quedase desconocida. Y por lo que hace á la reputacion que yo podria adquirir por la anterioridad de algunos descubrimientos interesantes , aunque me complaciese y experimentase un sentimiento de triunfo viendo los progresos de los conocimientos humanos ; aunque me llenase de un placer delicioso contemplando las ventajas que resultan á la especie humana de la adopcion de los inventos ó descubrimientos útiles ; sin embargo , confieso con franqueza que no hallo una importancia tan grande en la ventaja de haber sido el primero en descubrir los tesoros que la naturaleza tenia tan ligeramente ocultos.

Por lo que hace á la reflexion que termina la primera edicion inglesa de este Ensayo , aunque haya podido mover la risa en ciertas personas , y arrugar las cejas á otras , no temo confesar que considero el punto de que trato como de la *mayor importancia* para la tranquilidad , órden y felicidad del género humano *en el estado actual de civilizacion*.

Pero para concluir esta digresion , aunque me ha parecido que el hecho importante que trato de exâmi-

nar, relativamente al modo con que el calor se propaga en los fluidos, está plenamente demostrado por los experimentos que he referido en los capítulos anteriores de este Ensayo; como un exámen profundo de esta materia es un objeto de grande importancia por muchos respectos, no he limitado mis observaciones á lo que ya he publicado, sino que he hecho ademas un número grande de experimentos, con el fin de ilustrar mas esta materia, y de poner á los amantes de las ciencias en estado de formar ideas claras y distintas de las operaciones mecánicas que tienen lugar en los fluidos quando se propaga el calor en ellos.

Tuve ocasion de observar freqüentemente que quando cierta cantidad de agua contenida en una de mis jarras pasaba al estado de hielo, colocando la jarra en una mezcla frigorífica al empezar á formarse aquel contra las paredes del vaso, á medida que se aumentaba su grueso, la parte del agua que estaba hácia el exe de la jarra, que era la última que conservaba su fluidez hasta el fin de la operacion oprimida por la expansion del hielo, estaba siempre hácia arriba á la conclusion del experimento, y formaba una elevacion en medio de la superficie del hielo en forma de pezon, que tenia hasta media pulgada de altura. Esta circunstancia me empenó en hacer los experimentos siguientes que tengo por muy interesantes.

Experimento núm. 55.

Un pedazo de hielo de 41,7 líneas de grueso, en cuyo centro de su superficie superior tenia una prominencia de 6,9 líneas, estaba fuertemente helado en

el fondo de un vaso grande de vidrio de forma cilíndrica de 65,8 líneas de diámetro ; y habiéndose colocado este vaso en otro de barro , rodeado de hielo machacado y de agua hasta la altura de 13,9 líneas sobre la superficie superior del hielo , se colocó todo este aparato sobre una mesa cerca de la ventana de un quarto, en donde el temperamento del ayre estaba á 31 grados (termómetro de Fahrenheit): se tomó aceyte comun muy delgado , que probablemente estaria frio al temperamento de 31 grados , y se echó en la jarra hasta que formó una capa de 41,7 líneas de grueso sobre la superficie del hielo.

Hice preparar un cilindro de hierro batido de 18,3 líneas de diámetro , y de 166,8 de largo , con una pequeña argolla á una de sus extremidades para poderlo suspender en una posicion vertical: este cilindro estaba envuelto en otro de carton abierto por las dos extremidades , y 1,39 línea mas largo que el cilindro de hierro, al que servia de cubierta para conservar el calor : habiéndose calentado este cilindro de hierro al temperamento de 210 grados en el agua hirviendo, é introduciéndolo prontamente en su forro ó cubierta, se suspendió de un hilo de alambre de laton en el techo de la pieza , de suerte que entrando su extremidad inferior en la jarra (en la direccion de su exe) estaba metida en el aceyte hasta la profundidad suficiente para que el medio de la superficie plana de la extremidad del hierro caliente, que estaba directamente sobre el vértice de la elevacion cónica de hielo , no estuviese sino á la distancia de $\frac{2}{10}$ de pulgada , la extremidad de la cubierta del carton baxaba un décimo de

pulgada mas que el extremo del cilindro de metal caliente.

Como el aceyte era muy transparente, y la jarra estaba colocada en una posicion favorable, se veia muy bien el pezon de hielo aun despues de haber metido en el tubo el cilindro caliente; y si hubiera baxado algun calor al traves de esta capa ligera de aceyte, que separaba la superficie del hierro caliente del punto superior del pezon de hielo, no hay duda en que se hubiera conocido el efecto de este calor por la liquacion del hielo; se hubiera visto disminuirse la altura del pezon, ó hubiera sufrido este alguna mutacion en su forma; pero nada de esto sucedió: pues ni el hielo se disminuyó, ni padeció alteracion alguna por la proximidad del hierro caliente.

El lector supondrá naturalmente que al introducir el cilindro en la garganta de la jarra se tomarian todas las precauciones posibles para no causar movimiento alguno undulatorio en el aceyte, y para que el cilindro estuviese perfectamente inmóvil.

Habiéndome parecido este experimento decisivo, para poder tener una idea completa de él, he añadido la fig. 1.^a (Ensayo VII parte 2.^a), que representa de un modo claro y distinto un corte de todo el aparato con que se executó.

Si el resultado de los experimentos de que se ha hablado en los dos capítulos primeros de este Ensayo da motivo para creer que el agua es un *no-conductor* del calor, el del que acabo de referir prueba de un modo convincente que el aceyte es tambien un *no-conductor*, y añade un grado mas de probabilidad á la conjetura de que todos los fluidos son

necesariamente no-conductores del calor.

Como el *mercurio*, que es un metal en fusion, se diferencia por muchos respectos de los otros fluidos, deseaba ardientemente saber si este metal tenia esta propiedad esencial que los constituye en la clase de *no-conductores* del calor; y observé que era cosa averiguada por el resultado del experimento siguiente, que puede tenerse por decisivo.

Experimento núm. 56.

Despues de haber vaciado y limpiado la jarra cilíndrica, de que habia usado en el último experimento, y haberla llenado con un pedazo de hielo, que tenia una prominencia cónica en la superficie superior como el anterior, la coloqué rodeada de hielo machacado y de agua sobre la mesa en el mismo quarto en que habia hecho el experimento antecedente: derramé sobre el hielo una suficiente cantidad de mercurio al mismo temperamento, hasta la altura de una pulgada sobre su superficie. Limpié despues la superficie del mercurio en la jarra con papel de estraza: dexé reposar el aparato por espacio de una hora: introduxe despues con mucha precaucion en el mercurio el cilindro de hierro caliente (cubierto con el cilindro de carton), y lo fixé en una posicion tal que su superficie inferior se hallaba inmediatamente sobre la punta del pezon de hielo á la distancia de casi un quarto de pulgada, y lo dexé allí durante algunos minutos.

Es preciso observar aquí que para precaver los movimientos interiores que pudieran causarse en la masa del mercurio por la elevacion y la dispersion so-

bre la superficie de las partículas de este fluido, que, tocando la extremidad del hierro caliente, se hacian especificamente mas ligeras en consecuencia de la elevacion de su temperamento, la extremidad del forro con que estaba cubierto el cilindro de hierro pasaba casi $\frac{1}{10}$ de pulgada la superficie del hierro. Con el mismo fin se habia tomado esta precaucion, empleando aceyte en lugar de mercurio, como he dicho antes; pero sin insinuar que esta precaucion era necesaria.

Como el pedazo de hielo sobre el que estaba extendido el mercurio estaba precisamente á un temperamento en que el menor calor que se le agregase debia disponerlo á la liquacion; si la *parte mas pequeña* de calor hubiera penetrado de *alto abaxo* por medio del mercurio y hasta el hielo en el tiempo del experimento, se hubiera convertido en agua, y esta se hubiera extendido sobre la superficie del mercurio hasta que se sacase el cilindro de hierro; pero no se observó la menor apariencia de que el hielo se liquidase.

A fin de conocer si el disco de hielo estaba *realmente* al temperamento necesario para que el mas ligero calor adicional pudiese disponerlo á la liquacion, metí el dedo atravesando el mercurio, y toqué el hielo: este experimento quitó todas mis dudas, porque observé que á pesar de la prontitud de mi accion, apenas podia tocar el hielo sin que este contacto produxese agua, que se presentaba sobre la superficie unida y brillante del mercurio al momento de sacar el dedo.

Segun el resultado de estas observaciones experimentales me parecia que podia concluir con certeza, que el *agua*, el *aceyte* y el *mercurio* son perfectos no-

conductores del calor; ó que quando una ú otra de estas substancias llega al estado de fluido, toda mutacion ó toda comunicacion de calor entre sus partículas, ó directamente de la una á la otra, llega desde este momento á imposibilitarse del todo.

Es muy probable que el ayre tenga la misma qualidad, segun los experimentos de que he tratado en las Transacciones de la Sociedad Real, y he indicado en mi Ensayo sexto, y hay tambien motivo para inferir que las partículas del vapor y la llama son de la misma naturaleza.

Pero si toda mutacion ó toda comunicacion de calor de partícula á partícula, *inmediata ó sucesivamente*, es absolutamente imposible en los fluidos *elásticos* ó no *elásticos* en número tan grande, y en los fluidos que se diferencian por tantos respectos; ¿no habrá motivo para concluir que esta propiedad es comun á todos los fluidos, y aun que es esencial á la fluidez?

Es fácil concebir que el descubrimiento de una circunstancia tan importante ha debido mudar considerablemente las ideas que se habian formado relativamente á las operaciones mecánicas que tienen lugar en muchos fenómenos grandes de la naturaleza, y á estas operaciones químicas que nosotros podemos manejar, y que aunque ocultas, no son por eso menos interesantes: operaciones que por lo comun son tan difíciles de explicar.

En mi memoria sobre el calor, publicada en el tomo 92 de las Transacciones filosóficas, intenté aplicar el descubrimiento de la potencia *no-conductora* del ayre á la explicacion del calor de la piel de animales; á la del pulmon de los páxaros; á la de los vestidos artificiales,

así como á la nieve que puede llamarse la capa de la tierra en el invierno. Apliqué el mismo descubrimiento á la explicacion de las causas de los vientos frios que vienen de las regiones polares, á sus diferentes direcciones que vienen de paises diversos, y que comunmente se notan al fin del invierno ó al principio de la primavera.

En mi Ensayo sexto sobre la conduccion del calor y la economía del combustible me he valido del conocimiento que habia adquirido acerca de la potencia *no-conductora* del vapor y de la llama para explicar el efecto por el qual el fuelle aumenta la accion de la llama, y á fin de averiguar la hechura mas ventajosa á la construccion de las calderas. En el capítulo tercero de este Ensayo he procurado aplicar los descubrimientos que he hecho sobre el modo con que el calor se propaga en el agua al conocimiento de los medios que parece haber empleado el Criador para reglar los temperamentos de los diferentes climas, y para precaver los efectos funestos del calor extremado y del frio excesivo sobre la superficie del globo. Pero queda todavía que hacer una aplicacion interesante de estos descubrimientos á la *química*, á la *vegetacion* y á la *economía animal*. Convido pues á los físicos y á los sabios á que se ocupen en este objeto. Si no me engaño, sus descubrimientos podrán aclarar muchas de estas operaciones misteriosas de la naturaleza, en las quales los cuerpos inanimados tienen movimiento, sus formas se mudan, sus partes constitutivas se separan, ó en las que se producen nuevas combinaciones: quizá esta aplicacion conducirá para ilustrar, segun estos principios, las apariencias mara-

villosas de preferencia y de predileccion entre ciertos cuerpos que se han distinguido con la denominacion de *afinidad química*, sin que jamas se haya tratado de explicar la causa de estos fenómenos.

Tal vez se hallará que qualquiera mutacion de forma en toda substancia, sea qual fuere, provenga del calor solo; que todo agregado es una verdadera *congelacion* producida por el frio ó por una disminucion de calor, y que toda mutacion de un cuerpo sólido al estado de fluidez es una verdadera liquacion; que la diferencia entre la calcinacion hecha con el fuego y la que se hace con los disolventes es en efecto mucho menor que lo que hasta ahora se ha imaginado, y que ningun metal se disuelve antes de haber sido fundido.

Se verá tal vez que la violencia aparente con que algunos cuerpos sólidos son atacados por sus disolventes líquidos, que hasta ahora se ha mirado como una prueba de la afinidad química, no es efecto de una atraccion particular, sino del grado considerable de calor ó de frio que ha producido su union con los disolventes; ó de una diferencia grande entre la gravedad específica del menstuo en su estado natural, y la de un mismo fluido despues que ha llegado al estado de una solucion saturada.

Si los fluidos son no-conductores del calor, es evidente que las mutaciones de temperamento que se observan en el curso de las soluciones químicas deben necesariamente producir corrientes en el disolvente líquido, y que estas corrientes deben ser tanto mas rápidas, quanto la mutacion del temperamento es mas considerable; y como necesariamente atraen una nue-

va sucesion de partículas de disolvente en contacto con el cuerpo sólido, es evidente que la rapidez de la solucion será proporcionada á la de sus corrientes, ó á la mutacion de temperamento.

Pero las corrientes producidas por la diferencia en las gravedades específicas del disolvente fluido y de la solucion saturada producen tal vez por lo general mas efecto para atraer una sucesion rápida de nuevas partículas del menstuo en contacto con el cuerpo sólido, que está disuelto en él, que el que produce la mutacion del temperamento.

Quando se reunen estas dos causas para acelerar el movimiento de la misma corriente, ó quando sus tendencias *estan en la misma direccion*, como sucede en la solucion de la sal marina en el agua, la solucion debe ser de las mas rápidas.

Quando se disuelve la sal marina en el agua, la gravedad específica de la solucion saturada es mayor que la del agua pura, y por consiguiente baxará en el agua; y el frio, siendo producido por la solucion, y siendo por otra parte el agua un no-conductor de calor, la gravedad específica de la solucion saturada se aumentará en razon de su condensacion por este frio, lo que contribuirá tambien para acelerar su descenso en el agua.

En la actualidad se presenta una cuestión interesante, que ilustraria mucho un objeto tan abstracto, si pudiera resolverse. Supongamos que en el caso en que el calor es producido en el curso de la solucion de un sólido en un menstuo fluido, la adicion á la gravedad específica de él, proviniendo de su union química con el sólido, contrabalancee tan exáctamente la disminu-

cion de la gravedad específica del fluido por el calor producido durante la solucion, que la solucion saturada y caliente fuese precisamente de la misma gravedad específica que el menstuo frio : ¿la solucion seria ó no posible en semejantes circunstancias?

Si la tendencia *aparente* á aproximarse el uno al otro, que se observa en los sólidos y sus menstuos fluidos fuese real; si esta especie de atraccion ó de predileccion, que se ha llamado *afinidad química*, existe verdaderamente, y si su influencia se extiende *mas allá del contacto actual*, como generalmente se ha supuesto; como no hay ninguna apariencia de atraccion ó de afinidad entre un cuerpo sólido y una solucion saturada del mismo cuerpo en el menstuo que le conviene, parece probable que la solucion tendria lugar en las circunstancias apuntadas. Pero si la atraccion de afinidad, segun la descripcion que acaba de darse, no tiene en efecto existencia alguna, como sospecho, en este caso es evidente que la solucion, aunque no sea absolutamente imposible, vendrá á ser tan lenta, que apenas se percibirá.

No será *imposible* que, aunque las partículas del menstuo en contacto inmediato con el sólido, en el momento de su saturacion, no tuviese ninguna tendencia á salir de sus sitios, como darian necesariamente por grados á la parte del sólido no disuelta una parte del calor adquirido en el curso de la operacion química, por medio de la qual se han saturado; que estas partículas, digo, condensadas por esta pérdida de calor principiassen al fin á baxar, haciendo lugar á otras que las sucederian alternativamente, pero con movimientos que continuamente se disminuyen en

razon del aumento gradual de temperamento de la parte no disuelta del sólido , y del calor comunicado por esta substancia sólida á toda la masa del menstuo líquido.

Aunque probablemente fuese muy difícil imaginar un experimento único , cuyo resultado pudiese dar una decision convincente de esta cuestión ; sin embargo , no parece imposible descubrir por medios indirectos el principio de donde debe depender la resolucion de esta cuestión.

Es un hecho bien sabido , que quando el agua que tiene sal marina en solucion está mezclada en un vaso con agua pura , la sal al cabo de muy poco tiempo se distribuye igualmente en todas las partes de la masa; y creo que generalmente se ha atribuido esta distribucion uniforme de la sal á la afinidad que se supone existir entre la sal marina y el agua.

Teniendo algunas dudas relativas á la existencia de esta pretendida atraccion , y sospechando que la distribucion igual de la sal era resultado de otra causa, esto es , de los movimientos interiores de las partículas de agua ocasionados por las mutaciones accidentales del temperamento , hice el experimento siguiente, que se tendrá , segun pienso , por decisivo.

Experimento núm. 57.

Tomé un tubo cilíndrico de vidrio que tenia 5 pulgadas, 0,36 líneas de diámetro , y 9 pulgadas, 0,24 líneas de altura ; y colocándolo en medio de otro de vidrio igualmente cilíndrico , cuyo diámetro tenia 8 pulgadas, 0,75 líneas y 9 pulgadas, 3,74 líneas de alto , que

estaba en una vasija de barro bastante profunda, y casi enteramente llena de hielo machacado y de agua, la coloqué con todo lo que contenia sobre una mesa firme en una pieza inhabitada de mi casa, en donde el temperamento del ayre era así de dia como de noche, con corta diferencia, el mismo, y al tiempo de hacer el experimento estaba casi á los 36 grados del termómetro de Fahrenheit. Habia preparado tambien una cierta cantidad de salmuera muy fuerte, segun pude hacerla con sal marina: esta salmuera estaba clara, transparente, sin color y al temperamento del hielo, del mismo modo que una cantidad de agua fresca, muy pura, helada y con tintura de tornasol, y un poco de *aceyte comun* helado: puse desde luego en dicho tubo cilíndrico el agua pura necesaria para llenarlo hasta la altura de 2 pulgadas y 3,9 líneas: despues por medio de un embudo de vidrio largo estrecho, introduciéndolo en el agua pura, y apoyándolo sobre el fondo del tubo, vertí en él una cantidad de salmuera igual á la de agua pura que contenia. Al tiempo de executar esta operacion tuve toda la precaucion necesaria para no mezclar el agua pura contenida en el tubo; y quando la concluí, esta agua, que se distinguia fácilmente de la salmuera por su color encarnado, quedó perfectamente separada del licor salino mas pesado, de suerte que nadaba encima sossegadamente sin que se notase entre los dos licores la menor tendencia á mezclarse.

Hice llenar entonces hasta la altura de casi 5 pulgadas y 9,8 líneas el espacio vacío entre el exterior del tubo pequeño, y el interior del grande en que estaba colocado, con agua al temple del hielo, y hielo quebrantado, cuyos trozos eran del tamaño de ave-

llanas (porque el hielo machacado hubiera impedido ver por los lados del tubo grande lo que pasaba en el pequeño) ; y luego que se hizo esto eché con cuidado aceyte helado en el tubo pequeño hasta cubrir la superficie del agua (teñida) como cosa de una pulgada de altura (1) (véase la fig. 2.^a Ensayo séptimo parte segunda) ; y acercándome á la mesa en una posición en que veía distintamente lo que estaba en el tubo pequeño , observé el resultado del experimento.

Después de haber esperado mas de una hora sin poder distinguir la menor apariencia de movimiento ni en la salmuera ni en el agua fresca (descansando la una sobre la otra con el mayor sosiego , y sin disposición de mezclarse) , me retiré. Volví al siguiente dia, y hallé las cosas precisamente en el estado en que las habia dexado: en el que continuó sin la menor apariencia de mutacion por espacio de quatro dias.

Al cabo de este término juzgué que sería inútil continuar mas el experimento : saqué el tubo pequeño, cuidando de no agitar lo que contenia, y le puse sobre la ventana de un quarto calentado con una estufa.

En menos de una hora conocí que la salmuera y el agua no salada (teñida) principiaban á mezclarse, y á las 24 horas lo estaban perfectamente. Este hecho me pareció demostrado por el color del fluido acuoso sobre el qual descansaba el aceyte, porque parecia haber adquirido un color encarnado uniforme.

Dexo á los físicos el cuidado de sacar las consecuencias que pueden deducirse de estos experimentos.

(1) Este aceyte servia no solo para contener el agua ,sobre la qual reposaba perfectamente tranquilo , sino tambien para precaver toda comunicacion de calor entre él y la atmósfera.

Debo añadir que parecian indicar un hecho que referiré: el que no solo es curioso en sí mismo, sino que tambien puede conducir á descubrimientos muy importantes: da motivo para presumir bastante, que si un lago es *muy profundo*, el agua inmediata á la superficie podrá ser dulce, aunque su fondo sea una masa sólida de sal.

¿Seria cosa ridícula hacer experimentos para determinar si el agua en el fondo de algunos lagos muy profundos está impregnada de sal? Si se lograra una cosa semejante, seria un descubrimiento precioso en las regiones mediterraneas, en donde la sal es muy rara.

Como se hallan freqüentemente minas de sal en las inmediaciones á los lagos de agua dulce, puede con razon suponerse que las aguas de estos lagos estarán *algunas veces* en contacto con las venas de estas mismas. Quando principié á reflexionar sobre este punto quedé muy sorprendido, no de que no se hubiese descubierto ya que podia haber agua salada en el fondo de los lagos de agua dulce; porque observé desde luego que en el curso ordinario de las cosas nada podia descubrirlo, ni aun hacerlo sospechar; sino que estando por lo comun las capas de sal fósil mas elevadas que el nivel medio del sol adyacente, no se hubiesen descubierto con mas freqüencia lagos de *agua salada*; y como me ocurrian estas reflexiones, despues de haber descubierto lo que me parecia una prueba evidente de la sabiduría y de la bondad del Criador, esto es, de la existencia de los lagos de *agua dulce* en los paises frios, principié á inquietarme con las conseqüencias fatales que podrian resultar de un contacto accidental entre el costado de un lago de

agua dulce con una montaña de sal, que podia proporcionar una casualidad.

¿Debo ó no tratar de dar al lector una idea de lo que experimenté, quando meditando sobre este objeto, y principiando á reprehenderme en cierto modo, lo que sin duda han condenado como sueño extravagante de una imaginacion exáltada, descubrí de repente que el Criador habia tenido un cuidado muy particular para que no sucediese lo que yo temia, y que segun la constitucion de cosas, y el curso ordinario y uniforme de las leyes de la naturaleza, *la existencia permanente de un lago, cuya superficie fuese de agua salada, es absolutamente imposible*, aun quando estuviese rodeado por todas partes de montañas de sal?

Aunque la explosion de un volcan, un temblor de tierra, ó qualquiera otra convulsion grande, por medio de las quales podrian ponerse en contacto las orillas de un lago con una mina grande de sal, pudiesen dar momentaneamente un gusto salado al agua que contiene, se podria remediar bien pronto el mal; la caída de la corteza de tierra, y las piedras que se hallan siempre en la superficie de las minas de sal (sin las quales estas no podrian existir) cubririan pronto la sal de las minas, y el *agua de la superficie del lago* llegaria á ser perfectamente dulce. Pero si el lago fuera bastante profundo para que su temperamento en el fondo fuese el mismo en invierno y en verano sin variacion sensible, es cierto que las aguas del fondo del lago quedarian siempre saturadas de sal.

¿Pero no habrá motivo para presumir que el agua en el fondo de *todos los lagos muy profundos* deba ser

necesariamente salada, aun quando no hubiese minas de sal en las inmediaciones?

Las conchas que frecüentemente se encuentran en los países distantes del mar y muy elevados, como otros muchos vestigios conocidos de los naturalistas, indican bastante que la mayor parte del continente ha estado cubierta de las aguas del Océano. Si con efecto ha sido así, por antigua que sea su época, es muy probable que el agua salada que dexaria el mar en el fondo de todos los lagos grandes al tiempo de retirarse *existe allí aun.*

No puedo dexar esta materia sin advertir que el descubrimiento de la imposibilidad que puede haber en la exístencia de semejante disposicion, que seria evidentemente un mal, no debe servir para disminuir nuestra admiracion y nuestro reconocimiento á la bondad y la sabiduría del gran Arquitecto del universo.

CAPÍTULO V.

El agua puede helarse en la superficie interior : observaciones sobre la formacion del hielo en el fondo de los rios. Razones que mueven á concluir que el calor no puede distribuirse jamas con uniformidad en ningun fluido. Movimientos perpetuos que ocasiona en los fluidos la distribucion desigual del calor. Los choques se suceden con una rapidez increible por un efecto del movimiento interior que hay en los fluidos en el curso de la propagacion del calor. Tentativa hecha para valuar el número de estos choques que ocurren en un tiempo determinado. Estas investigaciones deben modificar mucho nuestras ideas sobre el estado real de los fluidos que parece estar estancados. La fluidez puede llamarse la vida de los cuerpos inanimados. Conjeturas relativas al principio vital en los animales vivientes, y á la naturaleza de la estimulacion física.

Sea qual fuere la operacion mecánica que produce los efectos que han excitado la idea de una atraccion ó de una afinidad (diferente de la de la gravitacion) entre los cuerpos sólidos, y sus menstros fluidos entre las diversas partes del mismo disolvente, saturadas de diverso modo, el resultado del experimento anterior núm. 57 prueba que dos partículas de agua en combinacion con cantidades diversas de la sal marina, ó una partícula de agua *saturada* de sal, y otra perfectamente pura, pueden estar en contacto por algun tiempo sin manifestar disposicion á dividir esta sal por partes iguales.

Pero aun quando se admitiese como un hecho lo que parece indicar este experimento, esto es, que no hay ninguna *atraccion electiva* entre los sólidos y sus disolventes, y que todos los movimientos que se han atribuido á la accion de esta fuerza supuesta (del mismo modo que todos los otros movimientos que se notan en los fluidos) son los efectos inmediatos de la *gravitacion*, que obra segun leyes inmutables, y *alteraciones de la gravedad específica ocasionadas por el calor*, quedaria siempre una dificultad grande para explicar las soluciones químicas. Como la execucion de todas las operaciones mecánicas exíge un *tiempo determinado*, y como el movimiento ocasionado en un fluido por una mutacion de gravedad específica en algunas de sus partículas individuales, *principia* al momento en que se nota esta mutacion, si no hay atraccion ninguna entre las partículas de los cuerpos sólidos y las de sus menstros; como se supone que el calor es producido ó absorbido, ó, para hablar con mas propiedad, producido y absorbido en el *contacto* de estas partículas antes de su union química; ¿cómo sucede que la partícula del menstro, cuya gravedad específica necesariamente ha mudado por la mutacion de temperamento, no dexa inmediatamente el sólido en consecuencia de esta mutacion, y antes que *se haya acabado la solucion*?

La reflexion sobre los efectos de la *fuerza de inercia* de la partícula del menstro, cuya gravedad específica ha mudado de este modo, como la *fuerza de inercia* del resto del fluido, y la resistencia que ella debe oponer á los movimientos de las partículas aisladas, podrán suministrar argumentos especiosos para

resolver esta dificultad ; pero juzgo que el resultado del experimento , de que voy á hablar , será mas convincente que todos los racionios que podria hacer sobre este punto , si no estuviesen apoyados en los hechos.

Quando se suscita alguna duda sobre la *posibilidad* de una operacion particular , que se supone tener lugar en alguna operacion de la naturaleza entre estas partículas infinitamente pequeñas é integrantes de los cuerpos que se ocultan á nuestros órganos débiles, aunque auxiliados por el arte ; en este caso el medio mas corto de decidir la cuestión es poner las fuerzas conocidas de la naturaleza en movimiento en tales circunstancias , que los efectos que produzcan indiquen de un modo no equívoco la posibilidad ó imposibilidad de la supuesta operacion ; si se probase que era posible en algun caso , podria inferirse con mas seguridad, que es *probable* tenga lugar en los casos particulares de que se trata.

Los experimentos de Mr. De Luc y de Sir Cárlos Bladgen han probado bastantemente , que quando el agua , enfriándose , llega al temperamento de casi 41 grados (termómetro de Fahrenheit), cesa su condensacion por efecto del frio , y principia su expansion , y continúa gradualmente á medida que baxa su temperamento , hasta que se convierte en hielo. Valiéndome de este importante descubrimiento hice el experimento siguiente para ilustrar mas la materia de que se trata.

Experimento núm. 58.

Habiendo vertido *mercurio* al temperamento de 60 grados en un cubilete de vidrio ordinario , hasta que este fluido llegase á la altura de una pulgada , vertí despues sobre él dos cantidades iguales de agua al mismo temperamento ; y colocando el vidrio en un plato de barro cocido y poco profundo , le rodeé hasta la altura del nivel de la superficie del mercurio con una mezcla frigorífica de nieve y de sal comun. Observé entonces con cuidado en qué parte del agua se presentaba primero el hielo. ¿Deberia ser á la superficie superior? Esto me parecia imposible , porque haciéndose el experimento en un quarto calentado con una estufa , el temperamento del ayre que descansaba sobre una superficie , era considerablemente superior al de la congelacion.

¿Podia ser á la superficie inferior , en donde el agua estaba en contacto con la superficie superior del mercurio? Si sucedia así , pareceria entonces demostrado , que á pesar de la disminucion de la gravedad específica del agua pasando del temperamento de 41 grados al de 32 grados , y la tendencia que esta disminucion le daba para dexar la superficie fria del mercurio en el momento en que enfriándose por este contacto habia pasado el término de 41 grados; sin embargo , quedaba suficiente tiempo para que se consumiese la congelacion *antes que la partícula de agua enfriada de este modo pudiese escapar.*

El lector podrá concluir naturalmente de lo que acabo de decir , que con el único fin de terminar el

hecho referido he intentado este experimento ; y el resultado manifestará que las esperanzas que habia concebido se realizáron perfectamente.

El hielo se formó *no solo en el fondo del agua á su superficie inferior* , en donde estaba en contacto con el mercurio frio , sino que observé , repitiendo el experimento , variándolo , y haciendo enfriar antes del mercurio contenido en el vaso hasta 10 grados de Fahrenheit , que el agua hirviendo que se vertia suavemente sobre la superficie , se helaba en el instante , y que formaba gradualmente un plato de hielo grueso que cubria el mercurio , aunque casi toda la masa de agua no-helada que quedaba sobre este hielo conservaba un grado de calor poco menor que el del agua hirviendo.

Este experimento no solo decide la cuestión que lo motivó , sino que tambien nos conduce á formar una opinion cabal sobre una cuestión de hecho que ha dado lugar á muchas discusiones.

Aunque muchas veces se ha dicho que el hielo se formaba en el fondo de los rios , quedaban sin embargo dudas sobre la posibilidad de *su formacion* en este lugar. Segun el resultado del experimento anterior , me parece que con seguridad puede concluirse , que si despues de una helada dilatada y fuerte que ha cubierto la superficie de la tierra hasta cierta profundidad , de suerte que sea en muchos grados inferior al punto de congelacion , sale el rio de su cauce é inunda el terreno enfriado anteriormente hasta este punto ; el hielo se formará en el fondo del agua ; pero todos los experimentos que se han hecho sobre la congelacion del agua manifiestan la imposibilidad absoluta de que

el hielo pueda formarse en ningun pais en el fondo de un rio que cubre constantemente sus orillas , ó que jamas sale de su cauce hasta el punto de dexar su fondo seco , ó expuesto al frio de la atmósfera.

Reflexionando sobre las diversas conseqüencias que deberian resultar del modo particular con que parece propagarse el calor en los fluidos , nos inclinamos á inferir que es casi imposible que ningun fluido, expuesto á la accion de la luz , pueda ser de un temperamento uniforme , aun quando su masa fuese muy poco considerable: la diferencia en el temperamento de sus diversas partículas debe ocasionar entre ellas movimientos continuos.

Supongamos que un vaso descubierto , como un cubilete ordinario de vidrio , que contiene una moneda pequeña , un guijarrillo , ó algun otro cuerpo sólido y opaco de poco volúmen , se llenase de agua , y se expusiese en una ventana ó en otra parte á la accion de los rayos del sol. Como un rayo de luz no puede dexar de producir calor en el lugar y en el momento en que es detenido ó absorbido , los rayos que entrando en el agua y atravesándola afectan al cuerpo sólido y opaco que está en el fondo del vaso , *y quedan allí absorbidos* , deben necesariamente producir una cierta cantidad de calor , de la qual una parte penetrará en el interior del cuerpo sólido , y otra se comunicará á las partículas de agua fria que descansan sobre su superficie.

Supongamos pues que la cantidad de calor comunicada de este modo á una de las partes integrantes del agua , fuese tal , que su efecto sobre la disminucion de la gravedad específica de la partícula bastase

para hacerla mover hacia la superficie superior de la masa del líquido con el mas pequeño grado de celeridad que pudiera percibirse: si la partícula que está en movimiento fuese de un volúmen suficiente para poderse ver, esta celeridad seria de casi una centésima parte de pulgada por cada segundo.

Aunque este movimiento pareciese extremadamente lento, si se compara con los que observamos en los diferentes cuerpos que nos rodean, descubriremos con admiracion qué sucesion rápida de acontecimientos puede producir.

Si se supone que el diámetro de las partículas integrantes, ó de las moléculas del agua, es de un *millonésimo de pulgada* (y es probable que aun puede ser menor) (1): en este caso es casi cierto que una partícula determinada moviéndose de abaxo arriba en una masa de este fluido en estado de quietud, con la celeridad de que se trata, esto es, de $\frac{1}{100}$ de pulgada por segundo, recorrería un espacio igual á diez mil veces la longitud de su diámetro en un segundo, y de consiguiente se pondría en contacto á lo menos con seiscientas mil partículas diferentes de agua en el mismo espacio de tiempo.

De donde resulta quan corto debe ser el tiempo, en el qual una partícula de fluido en movimiento pue-

(1) El oro en hoja, como lo preparan los batidores de oro, no es quatro veces mas grueso que el diámetro que se supone aquí á las partes integrantes del agua. Estas hojas de un metal sólido tienen segun el cálculo $\frac{1}{282020}$ pulgada de grueso. El diámetro de las partículas integrantes del oro debe pues ser infinitamente menor.

de estar en contacto con otra partícula individual en estado de quietud , y contra la qual choca en el curso de su paso (por lento que nos parezca este movimiento) al traves de la masa del fluido.

Supongamos que este contacto durase tanto tiempo quanto emplease la partícula en movimiento para atravesar un espacio igual á su diámetro; y esto es todo lo que evidentemente puede suponerse como posible, sin exceder los límites de la probabilidad: entonces en el caso supuesto este contacto no podrá durar mucho

mas tiempo que la $\frac{1}{100000}$ de un segundo. Este es el tiempo que una bala de cañon, moviéndose con la mayor celeridad (1862 pies, 2 pulgadas y 8 líneas por segundo) emplearia en correr 2 pulgadas, 3,9 líneas (1).

Si la bala de cañon es de peso de 9,54 libras, su diámetro será de 4 pulgadas 7,8 líneas, y si se mueve con una velocidad igual á 1862 pies, 2 pulgadas y 8 líneas por segundo, correrá un espacio de 4800 veces la longitud de su diámetro en un segundo. Pero hemos

visto que una partícula de agua, moviéndose $\frac{1}{100}$ de pulgada por segundo, corre en este tiempo un espacio igual á 10,000 veces la longitud de su diámetro; de

(1) Segun los experimentos hechos en la Escuela de Artillería de la Fere, una pieza de calibre de 24 cargada con 9,54 libras de pólvora, y baxo del ángulo de 45 grados, ha corrido 15363 pies y 4 pulgadas; su último alcance en el espacio de 35 segundos y tres quartas partes de otro: véase el curso de Bezout tomo IV, pag. 184 y siguientes. La misma duracion de este alcance en el vacío hubiera sido de 65 segundos y un quinto. La velocidad de que habla Mr. de Rumford es sin duda la de una bala de cañon que cae de una cierta altura por un medio resistente. *Nota del traductor.*

donde resulta , que *la velocidad con que el cuerpo dexa al tiempo de moverse el espacio que ocupa* es mas de dos veces mayor en las partículas de agua que en la bala de cañon.

Otro cálculo puede tambien dar una idea cabal de la materia , pues á la verdad no basta la reflexion para ilustrar el entendimiento , y ayudar á la imaginacion en los esfuerzos que se hacen para contemplar ciertas operaciones invisibles de la naturaleza , que no pueden descubrirse ni desenvolverse sino por la perspicacia de un entendimiento reflexivo.

Como los movimientos que se suceden , y que estan sujetos á nuestra comprehension , no pueden distinguirse si se repiten mas de diez veces en un segundo (1) , parece que quando una partícula de agua se mueve en una masa del mismo fluido en estado de quietud con una velocidad de $\frac{1}{100}$ de pulgada solamente

en un segundo , las colisiones que se suceden con las diferentes partículas estancadas de este fluido , que encuentra la que se mueve , deben ser tan rápidas , que debe haber entre ellas *mil choques* iguales , á lo menos *uno próximo al otro* , en el espacio de tiempo mas corto que el que nuestros sentidos nos permiten medir (2).

(1) Esta asercion , en quanto tiene relacion con los objetos visibles puede probarse con el experimento siguiente que todos comprehenden. Dese vueltas á una rueda que tenga un número determinado de rayos con la velocidad necesaria para que no puedan distinguirse estos. La velocidad con que se mueve la rueda y el número de rayos resolverá el hecho.

(2) El lector instruido observará sin duda que la velocidad que he asignado á las diferentes partículas de agua , moviendose de abaxo arriba en este fluido en consecuencia de una mutacion de su gravedad específica por el calor , aunque parezca muy pequeña (un centesimo de

Despues de haber exâminado con paciencia el resultado de estas investigaciones , y haberse familiarizado con el exâmen de los hechos interesantes que presenta; ¿quánto no variarán nuestras ideas sobre el estado real de los fluidos que nos parecen estancados? Estos fluidos nos parecerán entonces lo que son en efecto , quiero decir, reuniones de un número infinito de partículas infinitamente pequeñas en continuo movimiento con una velocidad incomprehensible.

Entonces se considerará la fluidez como la *vida de los cuerpos inanimados*, y la congelacion como su muerte ; y dexarémos de atribuir poderes activos ú otras qualesquiera operaciones á la materia en bruto y *sin movimiento*.

pulgada por segundo), es sin embargo probablemente mucho mayor en el hecho que la velocidad que una partícula aislada de este fluido podrá adquirir , en las circunstancias supuestas, por una mutacion de temperamento tan considerable como se quiera suponer, atendida la resistencia que opondria al movimiento de la partícula el choque de todas las que estan en quietud. Advirtiendo esta objecion, y deseando satisfacerla, he procurado calcular, segun las reglas dadas por Isaac Newton en sus *Principios* lib. II sec. VII, qual seria la velocidad mayor que una partícula aislada de agua (teniendo un diámetro de $\frac{1}{100000}$

de pulgada) puede adquirir por una mutacion de su gravedad específica ; y he hallado que si la gravedad específica del agua al temperamento de 32 grados del termómetro de Fahrenheit se supone de 1,00082, y su gravedad específica á 80 grados de 0.99759 , segun se ha regulado últimamente por experimentos muy exâctos ; entonces una partícula aislada de agua al temperamento de 80 grados , situada en una masa de agua estancada á 32 grados, la mayor velocidad que esta partícula caliente puede adquirir moviéndose de abaxo arriba en consecuencia de su ligereza respectiva , será de $\frac{1}{2638}$ de pulgada por segundo; que compone casi pulgada y media por hora; pero es evidente que quando se reunen un número mas grande de partículas formando corrientes, atraviesan el fluido estancado con mas facilidad , y su movimiento es otro tanto mas rápido.

¿Pero qué pensaremos del *principio vital en los animales*? ¿Su vida no depende tambien de los movimientos interiores en sus fluidos ocasionados por una *distribucion desigual de calor*? ¿Y la *estimulacion* ó la *irritacion* en todos casos es otra cosa que el efecto mecánico de la comunicacion del calor?

Desde el tiempo de Moyses estaban persuadidos á que la vida de un animal consistia en su sangre; y probablemente esta idea ha tenido un origen mas remoto. Esta opinion se ha renovado últimamente por un célebre Anatomista y Fisiologista distinguido por su sabiduría; y me parece que los descubrimientos nuevos, relativos al modo con que el calor se propaga en los fluidos, ilustran mucho esta materia, y dan á la hipótesis mucha probabilidad.

Así, racionando con arreglo á ella, todo lo que aumenta la *desigualdad* de la distribucion del calor en la masa de la sangre (aun quando no mudase su cantidad), deberia aumentar la intensidad de las acciones que constituyen la vida. ¿Pero no hay pruebas convincentes de la existencia de este hecho?

La *respiracion*, la *digestion* y la *transpiracion insensible* se dirigen evidentemente (esto es, segun nuestros principios sobre el modo con que el calor se propaga en los fluidos) á *producir y perpetuar* esta desigualdad de calor en los fluidos animales. ¿Y no vemos nosotros el efecto poderoso é inmediato de estas operaciones para aumentar la intensidad de la accion de las facultades de la vida?

Si la vida animal depende esencialmente de estos movimientos *internos* en los fluidos animales, que, como se ha insinuado, se ocasionan por la diferencia de

las gravedades específicas de sus partículas integrantes, ó de las *moléculas*, como resultado de la diferencia de sus temperamentos en este caso, es evidente que las facultades vitales se fortificarán, y que su accion se aumentará por el frio ó por el calor aplicados con oportunidad. ¿Es pues este hecho cierto? ¿El *vaso de aguardiente* en Petersburgo no produce el mismo efecto que la *garrafa de limonada helada* en Nápoles por medio de las íntimas operaciones mecánicas obrando en direcciones opuestas? ¿La pérdida del calor por la transpiracion insensible no contribuye con la misma eficacia á la conservacion de esta *desigualdad de temperamento*, que es tan esencial á la vida como la introduccion del calor en el sistema animal por el acto de la respiracion?

¿La coagulacion repentina de la sangre quando sale de las venas de un viviente, y todas las mutaciones rápidas que padece este fluido, no son pruebas evidentes de una distribucion desigual de calor? ¿Y la *viscosidad* de la sangre, así como su movimiento perpetuo en el sistema vascular, no contribuyen poderosísimamente á sostener esta desigualdad?

¿Las manchas lívidas en la superficie del cuerpo de uno no son efecto de un principio de *precipitacion* de las partículas heterogéneas de los fluidos animales en razon de su gravedad específica y de sus temperamentos individuales ocasionados por la quietud ó por una interrupcion de la circulacion? ¿No podemos decir entonces en el sentido mas riguroso, que tales fluidos estan verdaderamente muertos?

¿Qualquiera líquido en que se distribuya *igualmente* el calor no será un *veneno fatal* para un animal vivo

en cuyas venas se introduzca? ¿No sucedería lo mismo si el líquido introducido fuese una porción de sangre del animal, ó de su linfa, ó de alguna otra de las partes constituyentes de este fluido, y precisamente si estaba al temperamento medio de los fluidos no-descompuestos que circulan en el animal viviente?

¿La secrecion hecha por las glándulas no es una verdadera precipitación? ¿La formacion de los sólidos, y el aumento del cuerpo de un animal no puede hacerse por un procedimiento exáctamente semejante al de la congelacion? ¿y no hay muchas circunstancias, de las cuales puede inferirse con cierto grado de probabilidad, que la mayor parte de estas congelaciones se forman poco mas ó menos al temperamento del agua hirviendo?

Però no quiero dilatar me mas sobre esta materia. Sin querer me he empeñado en una carrera en que es necesario detenerse, para evitar así la reconvencion de que me ocupo en materias que no son de mi objeto: concluyo pues este capítulo.

Dejo á otros el determinar hasta qué grado la posibilidad de la comunicacion del calor entre las partes integrantes de un fluido puede ó no atribuirse á la

CAPÍTULO VI.

Es probable que existe frecuentemente en las partículas aisladas de los fluidos un calor considerable, que ni el tacto ni el termómetro pueden descubrir. Esta suposicion explica la causa de la evaporacion del hiele durante la helada mas fuerte. Es probable que los metales se evaporarian quando estan expuestos á la actividad de los rayos del sol, si no fuesen muy buenos conductores del calor. El mercurio se evapora realmente baxo el temperamento medio de la atmósfera. Este hecho es una prueba convincente de que el mercurio fluido es un no-conductor de calor. Probabilidad de que el calor intenso producido por los rayos de la luz, y de que de los efectos que se atribuyen á ellos deberian tal vez en todos casos atribuirse á la accion del calor que producen. Prueba cierta de que existe alguna vez un calor intenso en donde no se piensa. El oro realmente se funde por el calor que existe en el ayre atmosférico, quando no hay ninguna apariencia de fuego ó de otra cosa que sea calentada hasta enrojecerse. Debe tenerse mucha circunspeccion en atribuir á la accion de poderes desconocidos, efectos semejantes á los que produce la accion del fuego. El calor mas intenso puede existir sin dexar vestigios visibles de su existencia. Este hecho importante está indicado por el resultado necesario de un experimento supuesto.

Dexo á otros el determinar hasta qué grado la posibilidad de la comunicacion del calor entre las partículas integrantes de un fluido puede ó no atribuirse á la

extrema movilidad de estas partículas, y al tiempo infinitamente corto, durante el qual dos de estas partículas, de gravedad específica diferente (debida á su diverso temperamento), pueden quedar en contacto: es cierto al mismo tiempo que la imposibilidad de toda comunicacion inmediata de calor entre las partículas de un fluido hace la distribucion del calor muy desigual; y es muy probable que muchos fenómenos que se han atribuido á diversas causas se deben realmente á la *intensidad del calor*, que existe y produce los efectos que le son propios en circunstancias en que hasta ahora no se habia sospechado que pudiese existir.

Si los fluidos son no-conductores de calor, ninguna situacion puede ser mas favorable para conservarlo que quando estos fluidos estan penetrados de él; y no solo es evidente, segun lo que se ha dicho antes, que el calor mas fuerte puede existir en algunas partículas aisladas de algunos fluidos, sin que sea posible descubrirlo por medio del tacto ó por el termómetro, sino que diversas apariencias indican bastantemente, y otras aun prueban que un excesivo calor existe muchas veces en este estado latente ó imperceptible, baxo del qual se oculta á nuestros sentidos.

No hay razon para suponer que sea posible que el hielo se reduzca á vapor antes de haberse derretido; y es cosa bien sabida que no puede derretirse á un grado menor de calor que el de 32 grados (escala de Fahrenheit); pero se ha observado que en medio del invierno en los climas mas frios, y quando el temperamento del ayre atmosférico indicado por el termómetro era muy inferior al de 32 grados, se evaporaba el hielo expuesto al ayre.

¿Cómo puede explicarse este hecho? Solo suponiendo que algunas partículas de ayre que se hallan (si puede usarse de esta expresion) accidentalmente en contacto con el hielo , esten tan calientes que puedan derretir no solo las partículas de hielo que tocan , sino tambien que puedan reducir á vapores una parte del agua , que producida por el derretimiento antes de que esta tenga tiempo para helarse de nuevo ; ó bien suponiendo que este efecto sea producido por un calor excesivo engendrado por la luz que absorven las pequeñas prominencias del hielo. Como este es un conductor de calor , esta circunstancia hace mas probable que el fenómeno de que se trata debe resultar de una ú otra de estas causas.

Si los metales fuesen malos conductores de calor en lugar de ser muy á propósito para transmitirlo , juzgo que es mas que probable que se evaporizarian exponiéndolos á la accion directa de los rayos del sol ; y quizá tambien en otras situaciones en que este hecho pareceria aun mas extraordinario.

Se ha observado que el mercurio se *evapora* baxo el temperamento medio de la atmósfera : ¿ qué prueba mas convincente puede haber de que el mercurio fluido es un no-conductor de calor ; y al mismo tiempo de que un calor extremado puede ser producido ó exístir en circunstancias que no podian esperarse? ¿La evaporacion del agua en el temperamento medio de la atmósfera no suministra una nueva prueba de este hecho?

No puede dudarse que el calor mas fuerte se excita muchas veces en las partículas de los cuerpos sólidos , dispersas en medio de una masa de líquidos

frios. Se sabe el grado de calor que son capaces de producir los rayos del sol; y parece muy probable que el calor que excitan es siempre el mismo, quiero decir, *en el último grado de afinidad*; pero quando son pocos los rayos del sol, y quando las circunstancias no son favorables para acumular el calor que ellos producen ordinariamente, se dispersa tan pronto, que se escapa á nuestros sentidos y á los instrumentos que pueden auxiliarnos; y algunas veces ni aun dexa rastro visible de su existencia.

¿Por qué pues no supondremos que el calor producido por un rayo de luz, que entrando en una masa de agua, encuentra casualmente una partícula infinitamente pequeña de substancia sólida y opaca que nada en este líquido, y queda absorbida por esta molécula, tiene tanta fuerza como la que se produce en el foco del mejor espejo ustorio de la lente mas fuerte?

Mr. Senebier ha presentado un gran número de experimentos muy interesantes sobre los efectos producidos en diferentes cuerpos expuestos á los rayos directos del sol; ¿pero por qué estos no se han de atribuir al calor *local* excesivo, producido por la luz absorbida por las partículas infinitamente pequeñas, y por decirlo así, *aisladas* de los cuerpos que hiere?

La superficie de diferentes especies de maderas se han ennegrecido en los experimentos de Mr. Senebier: el mismo efecto podria producirse en menos tiempo por medio de los rayos que emanan de un hierro ardiendo, que mudan la superficie de la madera en una especie de carbon imperfecto. ¿Pero las superficies de las maderas que han adquirido un color obscuro por

efecto de los rayos del sol en los experimentos de Mr. Senebier, no se han convertido en una especie de carbon? ; Y es posible que un calor menos fuerte que el de *incandescencia* produzca este efecto?

Entre la multitud de hechos que podrian citarse para probar que el calor mas fuerte puede existir, y aun que *existe* freqüentemente en donde no se creeria, el que voy á referir me parece de los mas convincentes. Generalmente se cree, á lo que juzgo, que la intensidad del calor producida en la combustion de las substancias inflamables es mucho menor en un fuego pequeño que en uno grande; pero hay motivos para presumir que esta opinion es errónea, y fundada sobre apariencias ilusorias; porque á lo menos es cierto que la intensidad del calor de una hornilla de reverbero, como la que se usa para la fundicion de los metales mas duros, existe realmente en la débil llama de la bugía mas pequeña; y lo que parecerá aun mas extraordinario es que este grado de calor intenso existe muchas mas veces en el ayre atmosférico, *en donde no se percibe señal alguna visible de calor*, como demostraré luego.

El hieirro parece roxo visto de dia quando ha llegado al temperamento de casi 1000 grados del termómetro de Fahrenheit. El laton se derrite al de 3807 grados, el cobre al de 4587 grados, la plata al de 4717 grados, y el oro al de 5237 grados; y es cierto que el calor debe estar al grado de intensidad que corresponde á 5237 grados (escala de Fahrenheit) *quando se ve derretir el oro*; pero los hilos finos y dilatados de oro, de plata y de cobre que se emplean en los galones se derriten al momento en que se exponen á la llama de

una bugía. Estos metales se fundirian aun teniéndolos por algunos minutos segundos á la llama de una bugía á distancia de mas de una pulgada de la extremidad de la llama, en donde no hay vestigio de fuego ni otra substancia caliente ó roxa.

Los datos importantísimos que resultan de estos experimentos deben prevenirnos contra toda opinion precipitada respecto de la *intensidad* del calor que *puede existir* en las partículas aisladas de materia esparcidas en un espacio señalado, ó que pueden flotar en algún líquido, en donde ni el contacto ni nuestros termómetros nos anuncian analogía alguna con este elevado temperamento.

Un termómetro no puede indicar mas que la *diferencia del temperamento medio de los cuerpos*, ó de las partículas de materia que estan en contacto con él. Si está suspendido en el ayre, indicará el temperamento medio de tales partículas de ayre que lo *tocarán por casualidad*; pero no puede dar indicacion ninguna relativa á los temperamentos respectivos de estas partículas de ayre.

Si durante un frio rigoroso se suspende un termómetro cerca de una bugía en el mismo quarto, por exemplo, si se coloca por encima de la misma bugía, ó poco mas ó menos, aunque á la distancia de algunos pies; como el ayre es un *no-conductor* de calor, no hay la menor duda en que las partículas aisladas de ayre, calentadas por la luz hasta el grado necesario para fundir el oro, afecten al termómetro; pero ni este instrumento, ni aun la misma mano que se pusiese en su lugar podrian indicar este fenómeno.

Como parece, segun todo lo que se acaba de decir,

que *puede existir* un calor muy grande, aun baxo la forma de *calor sensible*, en donde su presencia no se puede descubrir ni sospechar; y como parece muy probable que en muchos casos en que su existencia puede ocultárenos, es sin embargo capaz de producir efectos visibles: creo que nosotros deberemos precavernos mucho quando se trate de explicar la causa de los efectos análogos á los que se producen por el calor; y que nunca, sin razones suficientes, debemos atribuirlos á la accion de causas desconocidas. Esta precaucion parece particularmente necesaria quando se trata de los efectos producidos en diferentes cuerpos por la accion de los rayos del sol.

Si estos rayos concentrados en el foco de un vidrio lenticular, quando caen sobre un pedazo de madera, mudan de repente su color en negro, y le reducen á carbon; ¿por qué no hemos de inferir que la mutacion de color que se produce gradualmente ó con mas lentitud sobre la misma especie de madera, quando todo se expone simplemente á los rayos del sol, es el resultado de una accion del mismo género?

La diferencia del *tiempo* necesario para producir semejantes efectos en estos dos casos no es la prueba de que se han producido del *mismo modo*, porque si no tienen lugar sino por un efecto de la accion del calor (que es lo que supongo), entonces los efectos producidos en un tiempo determinado no serán como la densidad de la luz, ó como el número de rayos; pero como esta parte del calor producido, que, no estando inmediatamente disperso ó elevado en el ayre, tiene el tiempo de producir la accion que le es propia sobre la madera; de consiguiente debe ser in-

comparablemente mayor á proporcion quando los rayos estan concentrados que quando no lo estan.

El muriate de plata expuesto á la accion de la luz muda de color ; ¿y por qué no atribuiremos esta mutacion á la expulsion del oxígeno que está unido al metal por la accion del calor producido por la luz? Para evitar toda especie de objecion relativa á la explicacion de este fenómeno basta admitir (lo que es ya bien conocido) que este óxido metálico puede reducirse sin adiccion *con un cierto grado de calor* ; y que esta substancia es un mal conductor de calor.

¿La admission de la hipótesis relativa á la *intensidad* del calor que se supone producida quando está interceptada la luz , y de la hipótesis sobre la potencia no-conductora de los fluidos respectivamente al calor, no nos pone en estado de dar cuenta de un modo el mas convincente que hasta ahora se ha hecho de los efectos de los rayos del sol para blanquear el lienzo quando se expone mojado á la accion directa de sus rayos , como tambien de la reduccion de los óxidos metálicos? ¿Y no nos indica la causa de la produccion del ayre puro en los bellos experimentos del Doctor Ingenhouz , en los quales las hojas verdes de los vegetales vivos estan expuestas en el agua á la accion de los rayos del sol?

Mr. Senebier ha probado que la materia coloreada de las hojas verdes de los vegetales susceptible de ser extraida por el espíritu de vino , y que la tiñe de un verde hermoso , se destruye , ó mas bien se muda en un color obscuro quando se expone esta tintura durante algunos minutos (en una redomita transparente) *en contacto con el ayre puro* á los rayos directos del sol

ardiente. ¿Pero por qué no consideraremos esta mutacion como una combustion verdadera?

El calor adquirido por el líquido, que es muy considerable, como he observado repitiendo el experimento, y la necesidad de la presencia del *ayre puro* para que el experimento tenga éxito, parecen indicar que es preciso que exista en esta operacion alguna cosa análoga á la combustion.

Si los líquidos son no-conductores de calor, deben ciertamente, *baxo esta relacion*, ser particularmente bien calculados para confinar el calor, y de consiguiente para acelerar los efectos del que se produce por la luz ó por otro qualquier medio en sus partículas integrantes, ó en las partículas infinitamente pequeñas y aisladas de otros cuerpos que estan dispersos en estos líquidos, ó que se sostienen en ellos en estado de solucion, como muchas veces he observado.

Si se admite este supuesto, se resolverá una dificultad grande que se opone á la explicacion de las locuciones químicas en la hipótesis de que una mutacion de forma del estado sólido al fluido es en todos casos una verdadera fusion, ó que está afectada por la accion sola del calor, y que la concrecion ó cristalizacion es una operacion análoga en todo á la congelacion.

Las substancias que estan sujetas á nuestros sentidos existen de tres modos, esto es, en el estado de *sólido*, en el de *líquido*, y en el de *elástico* ó *de gas*, y es cierto que todas las que conocemos, y que todas las que son susceptibles de peso pueden existir alternativa é indiferentemente baxo de estas apariencias diversas, y que la forma con que ellas se presentan en

un tiempo determinado depende de su temperamento en aquel mismo tiempo.

Sabemos tambien que toda substancia idéntica padece diversas mutaciones de estado á temperamentos determinados; y examinando el punto con cuidado, se ha observado que si no se hubiesen determinado estos temperamentos, y que si no hubiesen sido diferentes en diversos cuerpos, hubiera sido absolutamente imposible identificar ninguna substancia.

Esta es quizá la única diferencia esencial que existe realmente entre cuerpos que nos parecen ser de una naturaleza muy diversa.

Pero no son solamente los grados de calor ó los puntos de la escala termométrica en los que varía la forma de los diferentes cuerpos, *sino la extension de la variacion del temperamento*, baxo la qual puede continuar una substancia en sostener su forma en su estado medio, esto es, el de *fluido*, ó mas bien el de *líquido*. Esta extension, digo, es muy diferente en diversos cuerpos; y esta última circunstancia tiene una influencia maravillosa sobre la variedad de las composiciones y descomposiciones que continuamente se notan en las diversas operaciones de la naturaleza sobre la superficie del globo.

Otra circunstancia que presenta tambien muchos sucesos es la union que hay entre *cuerpos de diferente especie*, y las mutaciones importantes relativas al grado de calor que los cuerpos unidos de este modo pueden padecer sin que se alteren sus formas: mutaciones que resultan de la union de estos cuerpos.

Si añadimos á las leyes que se han descubierto en las operaciones de la naturaleza relativamente á las mu-

taciones de forma de las substancias que nos parecen *simples*, las que se advierten en las mutaciones de forma de los cuerpos que se conocen como *compuestos*, tendremos quizá algunas ideas mas distintas de la naturaleza de estas operaciones mecánicas, que entran en las de la química. Las llamo *mecánicas* segun la interpretacion mas rigurosa de este término.

Pero la hipótesis de la existencia de *un calor muy fuerte* en medio de los líquidos frios es tan nueva, y parece tan contraria al resultado de todos nuestros experimentos y observaciones, que juzgo que es necesario tomarse algun trabajo para ilustrar esta materia.

En primer lugar no debemos esperar hallar siempre vestigios de esta intensidad de calor, aun quando hubiese las razones mas poderosas para pensar que realmente existe; porque siempre que el calor está disperso ó elevado antes de haber producido mutaciones en la forma, ó alteraciones en las combinaciones químicas en los cuerpos á que se comunica, no dexa rastro alguno.

Los rastrillos de las armas de fuego faltan muchas veces quando caen sobre la cazoleta muchas chispas muy vivas; pero ninguno pretenderá que las partículas de acero encendidas que caen sobre la pólvora, y se enfrían estando en contacto con ella, no estan excesivamente calientes, é incomparablemente mas de lo necesario para inflamar la pólvora, si su calor *durase* suficientemente para producir este efecto. Si estas pequeñas chispas fuesen invisibles, es muy probable que no se hubiera ni aun sospechado su existencia; y el hecho con que demuestran la realidad se hubiera tenido por increíble.

Para que la pólvora pueda inflamarse es necesario que el azufre, que forma una de sus partes constituyentes, primero se derrita, y luego arda; porque el vapor del azufre hirviendo es el que recibe siempre el fuego quando se inflama la pólvora del cañon.

Si el azufre derretido fuese un conductor de calor, podria pensarse que la pólvora del cañon no seria tan susceptible de inflamarse como realmente lo es.

Como los que no estan muy acostumbrados á meditar sobre el objeto de que se trata podrian hallar alguna dificultad en concebir cómo es posible que un calor excesivo pueda ser *excitado*, ó que pueda *existir* en medio de una masa de un líquido frio, como es el del agua, sin producir al momento efectos visibles, me considero en la obligacion de aclarar mas este punto, y de manifestar que lo que he considerado como probable estaba ciertamente lejos de ser imposible.

El modo mejor de proceder en las investigaciones de esta clase, en las quales el objeto principal es el de descubrir si supuesto un acontecimiento que, segun la naturaleza, no podemos comprehender, es ó no posible, me parece que debe principiarse suponiendo que el hecho tiene realmente lugar; despues exâminar sus conseqüencias necesarias, y compararlas con las apariencias que verdaderamente han existido.

Siguiendo este método supondrémos que cierta cantidad de agua pura al temperamento medio de la atmósfera en Inglaterra (55 grados del termómetro de Fahrenheit), se colocó en un vaso bastante transparente sobre una ventana, y expuesto á los rayos directos del sol: si el vidrio y el agua son *perfectamente transparentes*, es evidente que no se producirá calor alguno

en uno ni en otro cuerpo por efecto de los rayos del Sol.

Si se supone ahora que una pequeña partícula de un cuerpo sólido y opaco se suspende en medio del agua en el vidrio, los rayos de luz que la afecten serán absorbidos por este cuerpo, y producirán necesariamente calor en el momento en que se detuviere. Este es un hecho incontestable que nadie puede contradecir.

Para hacer este experimento imaginario aun mas interesante supondrémos que el cuerpo sólido colocado en el agua es una pequeña partícula de ámbar amarillo, y que su gravedad específica es tan exáctamente igual á la del agua, que no tiene tendencia alguna á baxar ó á subir en ella, y que permanece por consiguiente en la situacion en que está colocada sin estar suspendida de cosa ninguna. Supondrémos tambien que esta partícula sólida de ámbar es de forma poco mas ó menos esférica, y de un $\frac{1}{1500}$ de pulgada de diámetro; esto es, de la dimension de una hebra de seda la mas fina, tal como se hila por el gusano: y este es probablemente uno de los objetos mas pequeños que pueden percibirse por la vista sin el auxilio del arte.

Como es evidente que allí debe haber calor producido ó excitado en esta pequeña partícula de ámbar por la luz que detiene ó absorve, los puntos que quedan que exâminar son de consiguiente, á saber, *qual es su intensidad* en el momento de su existência, y quales son los efectos que debe producir en consecuencia de esta intensidad.

Se han expuesto ya las razones que podrian hacer

creer que quando el calor es producido por los rayos de luz, su intensidad en el lugar en *donde se produce*, y antes que se haya disminuido en consecuencia de su dispersion es siempre la misma; y suponiendo que este hecho tiene lugar, vamos á describir los efectos de este calor producido en la partícula de ámbar en el experimento de que se trata; calor que es extremado en su intensidad ó en su grado: pero que es muy pequeño respecto de su cantidad ó del espacio que ocupa.

Como este calor debe existir desde luego en el lugar en que ha sido producido, es evidente que debe manifestarse á la superficie de la partícula de ámbar, y como todos los cuerpos sólidos son mas ó menos conductores de calor, una parte de este calor penetrará la substancia de la partícula sólida, mientras que otra parte será robada por las partículas de agua fria que estan en contacto con la superficie calentada por la luz.

Solo resta el determinar quales son los efectos que necesariamente debe producir el calor absorbido de este modo de una parte por las partículas sólidas del pedazo de ámbar, y de otra comunicado al agua. En primer lugar si la dispersion del calor por estos dos medios debe ser suficientemente rápida para evitar su acumulacion en un grado bastante elevado para derretir el ámbar, es evidente que ninguno de los efectos visibles que pueden descubrir su existencia se producirá en esta substancia, y la fusion del ámbar dependeria de tres circunstancias: primera, del temperamento en que puede liquidarse el ámbar: segunda, de la facilidad con que el calor se extiende y se dispersa en

la masa sólida de esta substancia, ó en otros términos de su facultad conductora; y tercera, de la rapidez con que el calor producido en la superficie del ámbar se eleva por el fluido frio en que está metido.

Aunque no juzgué que hay motivo para maravillarse, aun admitiendo la exístencia del calor excesivo que se supone, si el ámbar no se fundiese en las circunstancias referidas; sin embargo, me parece muy probable que si el ámbar reducido á polvo fino se mezclase con aceyte transparente capaz de aguantar un grado excesivo de calor sin reducirse á vapores, y que se expusiese á los rayos directos del sol muy ardiente, el ámbar se fundiria y se disolveria, aunque tal vez con mucha lentitud.

Pero si el ámbar no se fundiese expuesto en el agua á la accion de los rayos del sol, y de consiguiente no padeciese ninguna alteracion visible capaz de descubrir la exístencia del calor que se supone haberse producido en su superficie por la luz; este calor si fuese tan fuerte como se figura, ¿no deberia producir en el agua efectos visibles que necesariamente descubririan su exístencia?

Para disipar esta duda es preciso exâminar qué efectos visibles será posible que produzca en el agua el calor de que se trata. Si suponemos que el agua no se ha descompuesto por este calor, lo qual no puede suceder, puesto que se supone tambien que el ámbar no sufre ninguna mutacion química, el único efecto que puede producir este calor sobre el agua es un aumento de temperamento, que debe con todo ser muy poco considerable para notarse, ya sea por medio del tacto ó ya por el termómetro.

Podría tal vez esperarse que se formara *vapor* en la superficie caliente de la partícula de ámbar, y que este fuese visible; pero reflexionando un momento en ello, se verá que es imposible que suceda esto, porque aun suponiendo (lo que sin embargo no es posible) que las mismas partículas no-dividuales de agua, que estan en contacto con la superficie caliente del ámbar, debiesen permanecer allí hasta que sus temperamentos se elevasen gradualmente hasta el término en que esta agua se muda en vapor; con todo, segun la prontitud extrema con que se condensa el vapor, quando está en contacto con el agua fria, es evidente que no podrá existir un instante en semejantes circunstancias.

Tambien tenemos pruebas reales de que el vapor no puede existir en semejantes casos, segun lo que sucede quando los mariscales ó herreros meten de repente en el agua fria masas grandes de hierro ó acero para dar á las herramientas el temple necesario; porque pueden verse estas masas de hierro ardiendo en contacto actual con el agua fria; y si una parte del agua que se descompone por el hierro caliente no se escapase baxo la forma del ayre inflamable, no es probable que hubiese allí apariencia alguna visible que pudiese hacer sospechar la formacion del vapor.

Por este exemplo vemos que es posible que un calor intenso exista en medio de una masa de agua fria, ó de otro qualquier líquido aparente, sin producir ningun efecto visible, ó sin dexar vestigio alguno que pueda indicar su existencia.

Exâminemos sin embargo un caso en que este calor intenso, aunque absolutamente imperceptible por

razon de la extrema pequeñez de las partículas de materia en que existe, es con todo susceptible de producir efectos visibles. Supongamos que una solucion nitromuriática de oro en agua se exponga á la accion de los rayos del sol. Si esta solucion fuese perfectamente transparente, la luz no podria producir en ella ningun calor; pero como no sucede así, el calor, en su grado mas alto de intensidad, debe necesariamente ser producido por estas partículas opacas (del óxido de oro) por las cuales es detenido. Siendo el oro una substancia muy pesada, es evidente que debe reducirse á partículas muy pequeñas, para que mudado en óxido por su union con el oxígeno, pueda disolverse en el agua, y continuar suspendido en ella; y es claro que quanto mas pequeñas son las partículas aisladas de materia, á cuya superficie se produce el calor por la absorcion de la luz, tanto mas prontamente se distribuirá el calor producido de esta materia en toda la substancia de la partícula; y esta partícula deberá de consiguiente calentarse con mas igualdad y de un modo mas intenso. De donde resulta con evidencia, que si las partículas del óxido dispersas en el agua *son bastante delgadas para esto*, el calor que los rayos del sol deben producir en ellas bastará para expulsar el oxígeno unido con el oro, y para revivificar este metal.

Sin duda podrá hacerse una objecion directa á la conclusion que acabo de deducir, y á la qual puede sin embargo responderse con facilidad. La partícula del óxido metálico que se supone muy caliente está en contacto con el agua; ¿cómo pues sucede que una cantidad grande de este calor no pase á este fluido frio? Podria responder, porque el agua y el vapor son no-

conductores de calor; y para hacer mas perceptible esta explicacion, podria añadir un hecho bien conocido, y es, que quando se dexa caer una gota de agua sobre un pedazo de hierro en estado de fusion, esta permanecerá sobre el hierro sin disiparse, y aun mucho mas tiempo que si el hierro estuviese menos caliente; pero una circunstancia que acompaña al famoso experimento del hierro ardiendo en el gas oxígeno, suministra una prueba la mas directa de lo que se trata.

Ved aquí como se hace ordinariamente este experimento: se mete un pedacito pequeño de hilo de alambre de algunas pulgadas de largo en una botella de cuello estrecho que contenga gas oxígeno: estando el hilo de alambre fijo en su lugar por medio de un boton de corcho que atraviesa, y acomodado á la boca de la botella, la extremidad de este hilo remata en punta, y se calienta hasta que tome un color roxo, poniéndolo á la llama de una bugía: despues metiendo de repente el hilo en la botella, mientras está roxo, principia la combustion en el momento en que la extremidad del hilo entra en el gas oxígeno, y el metal continúa quemándose con la mayor violencia: se produce una emision copiosa de una luz blanca muy fuerte, hasta que se consume todo el hilo, ó mas bien todo el gas. El conjunto de este experimento ofrece uno de los espectáculos mas bellos, y al mismo tiempo mas interesantes que pueden imaginarse.

El resultado de esta combustion es la oxigenacion del hierro; y este óxido metálico en estado de fusion ó encendido hasta ponerse blanco, cae al fondo de la botella en forma de globulillos de diferentes tamaños.

Para preservar el vidrio contra la caída de estas gotas de hierro calcinado y en fusión, se dexa en la botella una cantidad de agua fria; bastante, por exemplo, para cubrir el fondo de la botella hasta la altura de 1,31 pulgada; pero he visto muchas veces número de estos globulillos mucho mas pequeños que guisantes, que no solamente descendian por medio del agua conservando su color roxo, sino que con el mismo permanecian en el fondo de la botella por algunos segundos; á pesar de estar rodeados del agua: estos globulillos hacian tambien fundir el vidrio sobre que descansaban, sin que hubiese visto ninguna apariencia de vapor.

El agua no podia descomponerse, porque el hierro estaba ya saturado de oxígeno.

Este experimento probará, segun pienso, de un modo convincente, que puede existir un calor excesivo, á lo menos por algun tiempo, en una partícula de materia, aunque esté rodeada de un fluido frio.

Como se ha visto por experiencia, que quando se expone á la accion de los rayos del sol una solucion nitro-muriática de oro en el agua, revive este; y como está conocido que un óxido de oro puede revivificarse por el fuego, sin adición, ó simplemente por la accion de un calor fuerte, ¿por qué pues no deducirémos de aquí, que simplemente por el calor es por el que se reduce este metal en el caso de la cuestión, y que la intensidad del calor que obra esta desoxígenación es precisamente la misma en los dos casos?

Si se admitiese esta disposicion, podriamos tal vez adelantar un paso mas, y considerar la naturaleza y el progreso de las operaciones mecánicas que entran en la

desoxigenacion de los metales , ó su precipitacion en una solucion da sus óxidos , quando se executa esta operacion por medio del calor producido no por la luz, sino por el contacto de las partículas infinitamente pequeñas de los cuerpos de especies diversas , ó dispuestos á producir ó á absorver el calor sensible reuniéndose : partículas que estando dispersas en la solucion líquida y en la substancia que se añade á él para obrar la precipitacion, se ponen en contacto por la mezcla.

Este exámen nos conduciría naturalmente al del fenómeno de la solucion ; y quando tuviésemos una nocion distinta de él , lograríamos un conocimiento perfecto de estas operaciones mecánicas , por las cuales puedan efectuarse estas tendencias á la union que se han designado con el nombre de *atraccion electiva*.

¡Pero quan difícil será este trabajo ! ¡qué estudio tan profundo no se necesita ! ¡qué esfuerzos sobrenaturales de imaginacion no son precisos para adivinar y explicar con claridad una serie de sucesos enteramente imperceptibles á nuestros sentidos , aunque esten auxiliados del arte !

Conociendo mi debilidad, no me atrevo á pasar mas adelante. Tal vez juzgarán algunos que yo me he excedido ; pero debo confesar francamente, que en el caso presente mi temeridad tenia un objeto particular.

Dos medios pueden empeñar á los filósofos y á los demas hombres á hacer descubrimientos , y á caminar con ardor por la senda de las investigaciones ; pues ó bien se verán *impelidos* á ello , ó serán *provocados*.

El lector comprehenderá sin duda que yo trato

de emplear estos dos métodos : conozco bien el peligro que acompaña al segundo ; pero la pasión que tengo á los objetos de mis investigaciones favoritas me hace muchas veces exceder los límites que la prudencia debería haber señalado á mis empresas.

CAPÍTULO VII.

Relacion de diversos experimentos variados. Los termómetros para receptáculo cilíndrico pueden emplearse para hacer ver que los líquidos son no-conductores de calor. El agua al temple del hielo puede calentarse, y reducirse al estado de hervor sobre la superficie del hielo. Circunstancias notables que acompañan á la fusión del hielo, á la de la grasa y á la de cera por medio del calor radiante comunicado de arriba abaxo por una bala ardiendo. Cristales hermosos de sal marina formados por la salmuera detenida encima del mercurio. El aceyte de olivas pierde pronto su color quando se expone al ayre, y nada sobre la salmuera. Tentativa para hacer baxar en el aceyte el calor radiante de una bala ardiendo. Experimento sobre una atmósfera artificial, en la qual produce el calor corrientes horizontales. Conjeturas sobre las causas próximas de los vientos.

Aunque este Ensayo pasa ya los límites que me había propuesto, y los ordinarios de una obra de este género (porque sé muy bien que un libro voluminoso se mira como un inconveniente grande), no he tenido por conveniente concluirlo sin añadirle aun un capítulo. En él hallará el lector el detalle de algunos ex-

perimentos que espero tendrá por interesantes. Para no perder un tiempo tan precioso, seré muy lacónico en mi narracion, y le dexaré el placer de que deduzca sus propias conclusiones de los resultados de los experimentos que referiré.

§. I.

Detalle de diversos experimentos muy sencillos que prueban que el calor no desciende en los fluidos.

Tomando un termómetro, cuyo receptáculo sea un tubo cilíndrico largo y estrecho, que tenga, por exemplo, seis pulgadas de largo y media de diámetro, y llenándolo de mercurio, de aceyte, de espíritu de vino, ó de otro qualquier fluido termométrico: estando este termómetro al temperamento del ayre del estío, ó á otro temperamento superior al punto de congelacion: metiendo la parte inferior, ó la mitad de su receptáculo, en un vaso ó copa llena hasta el borde de hielo machacado y de agua, la altura del fluido en el tubo del instrumento manifestará que la mitad del fluido en el receptáculo está al temperamento del hielo, y que la otra mitad no mudará.

El resultado será el mismo si para precaver la comunicacion del calor que proviene del ayre durante el curso del experimento, se cubre la mitad del receptáculo que está fuera del vaso con un forro doble de pluma.

Si se entra en la mezcla de agua y de hielo mas ó menos de la mitad del receptáculo del termómetro, la altura del líquido en su tubo designará que solo se en-

fria la parte del fluido contenido en la porcion del receptáculo metida en el agua al temple del hielo.

§. II.

El agua al temple del hielo que reposa sobre este puede calentarse , y llegar al estado de hervor sin derretirse : hecho que desvanece la opinion seguida hasta ahora.

Tómese un tubo de vidrio delgado de 13,9 líneas de diámetro , y de casi ocho á diez de largo , que contenga dos ó tres pulgadas de agua ; y metiendo su extremidad en una mezcla de hielo machacado y sal marina , hiélase el agua que está en el tubo : despues derámense sobre el hielo tres ó quatro pulgadas de agua al temple del hielo , y envolviendo dos ó tres pulgadas de la extremidad inferior del tubo con un pedazo de franela , y teniéndolo por la parte cubierta inclinado sobre un ángulo de casi 45 grados , preséntese la parte del tubo que contiene el agua fluida á la punta de la llama de una bugía á distancia de dos ó tres pulgadas , principiando por la superficie del agua : luego que principie á hervir el agua en esta parte del tubo , acérquesele con suavidad á la llama de la bugía : entonces si se cuida de evitar una aplicacion de calor muy pronta , toda el agua contenida en el tubo hasta un quarto de pulgada del hielo llegará al estado de hervor el mas violento antes que comience á derretirse el hielo ; y al fin se verá hervir la misma agua en la superficie del hielo.

§. III.

El calor radiante de una bala ardiendo no puede penetrar de arriba abaxo en una masa de agua líquida, ni en la grasa derretida ni en la cera en el mismo estado.

EXPERIMENTO PRIMERO.

Se colocó un termómetro pequeño para mercurio, y con su bola enteramente libre en una posicion horizontal sobre dos prominencias de cera en el fondo de un plato de madera hueco, de modo que la escala del termómetro, y de consiguiente la altura del mercurio, podian observarse. Vertí entonces agua fria en el plato, hasta que hubiese en él un quarto de pulgada sobre la bola del termómetro: presenté entonces al instrumento una bala de hierro ardiendo de casi una pulgada y media de diámetro, que tenia directamente sobre la bola á distancia de casi una pulgada.

El termómetro apenas dió señales de sensibilidad á la aproximacion del hierro ardiendo.

Cubierto de nuevo el termómetro con aceyte, fue casi el mismo el resultado del experimento; pero quando se expuso descubierto á los rayos que emanaban del hierro caliente, pasó á él rapidísimamente el calor; sin embargo, los dos experimentos siguientes fueron aun mas decisivos y convincentes.



EXPERIMENTO SEGUNDO.

Se llenó de agua un plato de barro hondo de casi tres pulgadas de profundidad, y doce de diámetro en su abertura : se expuso en un invierno fuerte en un quarto frio: el agua se heló, y formó en su superficie un plato de hielo de una pulgada de grueso : dexé el plato en su sitio para que estuviese el hielo en una posicion perfectamente horizontal ; todo lo qual era necesario para el éxito completo del experimento, como se verá despues : entré en seguida en el quarto con un braserillo lleno de carbones encendidos , entre los quales estaba la bala ya roxa : la saqué, y la suspendí sobre el centro de este plato horizontal de hielo á la distancia de casi $\frac{1}{10}$ de pulgada.

Colocado el hielo inmediatamente baxo la bala se derritió al instante ; pero la profundidad del agua producida por la fusion era poco considerable ; sin embargo, se extendia el agua lentamente desde el centro á la circunferencia ; y al cabo formó una cavidad circular de dos ó tres pulgadas de diámetro en el centro del hielo , y á una profundidad muy pequeña.

Este lago pequeño parecia atacar poco á poco la pared de hielo que le rodeaba por todas partes.

Siendo las partículas de agua que estaban en contacto con esta pared específicamente mas ligeras, adquiriendo el temperamento del hielo tomaban un movimiento hácia arriba , y dando paso á otras partículas mas calientes que salian de abaxo , formaban corrientes en direcciones opuestas para colocarse entre el centro en donde permanecia el hierro caliente , y la cir-

conferencia. Como una corriente al temperamento de 40 grados debia necesariamente baxar al medio del círculo ; esta , tocando al medio de la excavacion formada en el hielo , debia ahondarlo gradualmente en esta parte , aunque con lentitud ; y es lo que realmente sucedió , porque el fondo de esta excavacion no era perfectamente llano , pero era mas profundo hácia el centro y en sus inmediaciones que en los costados.

EXPERIMENTO TERCERO.

Quando para variar este experimento se hizo uso de un pan de grasa liso en lugar de un plato de hielo , se observó un efecto muy extraordinario , que me sorprendió mucho al principio ; pero que en realidad no era mas que una prueba convincente de que los fluidos son no-conductores de calor.

El fondo de la cavidad circular formada en este pan de grasa que se habia derretido durante el experimento , en lugar de ser cóncavo , como lo era el fondo en el plato de hielo , ó llano como esperaba , era *convexo* hácia el medio ; ó mas bien se elevaba en forma de un boton cuya punta era muy embotada , y su extremidad llegaba casi á la superficie de la grasa derretida , estando la bala con la posible inmediacion á esta misma superficie. La extremidad de esta prominencia aunque sólida , ciertamente no lo estaba mas de $\frac{2}{10}$ de pulgada de la bala. Reflexionando sobre el resultado inesperado de este experimento , quedé sorprendido , y aun puedo decir que mortificado , viendo que era imposible adivinar con certeza un suceso que parecia

inevitable no habiéndose notado en la realidad.

Aunque yo supiese bien como debía comunicarse el calor en semejantes circunstancias, y que pudiese anunciar con certeza la direccion de las corrientes que necesariamente debia ocasionar en la cera derretida; con todo, los esfuerzos mayores de mi entendimiento, aunque exercitado mucho tiempo en la reflexion, no bastaron para prever que el punto en que se comunicaba el menor calor seria precisamente aquel que estaba mas próximo á la bala, ni que quedaria una salida de grasa no derretida á tan poca distancia de ella.

Deseo que este exemplo haga todavía mas circunspectos á los que forman cálculos sobre los resultados de los experimentos supuestos, que jamas han executado por sí mismos.

Repitiendo este, y substituyendo á la grasa una torta de cera bastante blanca, el resultado fue poco mas ó menos el mismo; sin embargo, la prominencia que estaba en medio de la cavidad circular ocupada por la cera derretida, aunque se veia perfectamente, era menos alta que la que se formaba en el pan de grasa.

§. IV.

Cristales hermosos de sal marina formados con la salmuera derramada sobre el mercurio.

Derramada una cantidad pequeña de salmuera bastante fuerte sobre el mercurio en una copa de vidrio colocado en un quarto situado en un sitio aislado, observé que al cabo de seis meses se habian formado dos cristales hermosos de sal perfectamente quadrangulares:

el uno tenia $\frac{14}{40}$ de pulgada de largo, $\frac{11}{40}$ de pulgada de ancho, y $\frac{5}{40}$ de pulgada de grueso; y el otro $\frac{12}{40}$ de pulgada de largo, $\frac{10}{40}$ de ancho, y $\frac{11}{20}$ de grueso.

El mercurio fluido, sobre el qual descansaba la salmuera, ¿habia contribuido á la regularidad de la forma, y á las dimensiones extraordinarias de estos cristales? ¿Cómo se produxéron? ¿No podrian emplearse los mismos medios para lograr cristales de otras sales?

§. V.

El aceyte de olivas derramado sobre la salmuera pierde su color expuesto al ayre.

Habiendo dexado por casualidad en una redoma de vidrio descubierta de 4 pulgadas y 7,8 líneas de diámetro medio quartillo de salmuera, sobre la qual habia derramado una cierta cantidad de aceyte á la altura de 10,4 líneas, colocado todo en un quarto aislado, en donde los rayos del sol no entraban nunca, al cabo de seis meses noté que el aceyte habia perdido su color, y que parecia casi tan transparente como el agua pura. A la proximidad del invierno vi que este aceyte estaba mucho mas dispuesto á congelarse que el aceyte de la misma especie que habia quedado en el mismo quarto en una botella tapada.

§. VI.

Tentativa infructuosa para hacer baxar en el aceyte el calor radiante de una bala roxa.

Habiendo puesto en un vaso una cierta cantidad del aceyte que habia perdido su color, y dexádole helar en el fondo, presenté en su superficie una bala encendida de una pulgada y 8,8 líneas de diámetro, y la tuve muy próxíma al aceyte hasta que la bala perdió su color roxo. Como parecia que el aceyte se habia espesado por el frio, y habia perdido su transparencia á causa de un número de partículas opacas que estaban esparcidas en su masa, que no parecia estar helada en el fondo, pensé que si era posible que el calor radiante baxase en qualquier fluido, podría suceder lo mismo en este; y que siendo así, estaba seguro de descubrir el modo con que el aceyte recobra su transparencia; porque si habia podido baxar el calor radiante, la forma de la masa de aceyte que primero hubiese vuelto á adquirir su transparencia, hubiera sido necesariamente hemisférica, ó hubiera tenido alguna seccion de esfera, ó á lo menos alguna figura convexâ. Pero la parte inferior de esta porcion de aceyte que recobró su transparencia en este experimento parecia tan plana y tan horizontal como su superficie superior; lo que prueba que el calor que habia derretido el aceyte helado no se le habia comunicado por la bala encendida, sino mediatamente por el calor absorbido ó producido en las paredes del vaso. Este experimento me pareció importante por muchos respectos; pero es contrario á mi objeto de

hacer actualmente investigaciones sobre una materia con la qual tiene íntimas conexiones.

No creo deber concluir este Ensayo antes de referir un experimento cuyo resultado ha sido no solo inesperado en mi concepto , sino tambien muy interesante. Habia colocado casualmente en una ventana un instrumento pequeño que habia hecho para poder ver los movimientos internos que hay en el agua quando se propaga el calor en este fluido (1): como hacia frio , y el quarto se habia calentado con una estufa, la parte del instrumento que estaba mas próxima á la ventana estando á una corriente de ayre frio, interin que aquel recibia continuamente el calor por la otra parte que estaba en contacto con el ayre del quarto, el líquido que estaba dentro del instrumento se puso en un movimiento continuo, y presentó un espectáculo bastante curioso.

Sin otro fin que el de divertirme , ó proporcionar un recreo agradable á los que me visitasen , y no pensando ciertamente en hacer descubrimiento alguno, pensé é hice disponer el aparato que voy á describir, convencido de que podria hacer perpetuos estos movimientos , y de que pudiesen verse de un modo claro.

Hice preparar una caja llana compuesta de dos paneles iguales que cada uno tenia 13 pulgadas de alto , y de ancho $10\frac{1}{2}$ de vidrio blanco hermoso , y encajados en cobre , de suerte que estos dos paneles paralelos entre sí estuviesen á la distancia de una pulgada uno de otro: en medio de la parte superior del quadro habia una abertura circular de media pul-

(1) Véase la descripcion de este instrumento en el capítulo segundo de este Ensayo.

gada de diámetro , en la qual se habia soldado un tubo pequeño cilíndrico de casi media pulgada de largo , y en la inferior se habia acomodado tambien otro tubo semejante. El primero servia para introducir en la caja plana el líquido de que debia llenarse ; y el otro para extraerlo : ambas aberturas tenian sus tapones de corcho.

Se habian hecho muescas profundas á los dos lados de este quadro para colocar en ellas los paneles de vidrio , y la caja conservaba bien el agua tapadas las junturas con almáciga. Por el exterior del quadro habia faxas pequeñas de cobre , que servian para fixar la caja al bastidor de una de las ventanas grandes de mi habitacion , en donde ocupaba el sitio de uno de los quadros de vidrio que habia hecho quitar. Esta ventana caia al Sud-este , y recibia de consiguiente los rayos del sol durante una gran parte del dia.

Me previne de una cantidad suficiente de solucion salina , de la misma especie de que me habia servido para el instrumento de que ya he hablado , y que debia hacer distinguir los movimientos interiores de los fluidos : mezclé con ella una porcion conveniente de ámbar amarillo pulverizado : llené con esta mezcla casi la mitad de la caja ; y como el ayre del quarto era mucho mas caliente que el exterior , esperaba que los movimientos del líquido , ocasionados por el paso del calor , principiarian al instante.

Con efecto , así sucedió ; pero ¡qual fue mi sorpresa quando en lugar de ver corrientes verticales , como esperaba , las descubrí horizontales , cuyas direcciones eran opuestas , una por encima de la otra ! Eran como los vientos regulares que se levantan en las regiones di-

ferentes de esta atmósfera artificial , y reynan en ella largo tiempo con mucha regularidad , mientras que las partículas pequeñas de ámbar , reuniéndose acá y allá, producian nubes de la forma mas hermosa , que , impelidas por los vientos , hacian este espectáculo verdaderamente agradable.

No podia significar el placer que experimentaba al contemplar estos fenómenos interesantes.

En el entusiasmo en que me hallaba me parecia que la naturaleza habia corrido por un instante el velo que oculta á los ojos de los débiles mortales sus operaciones mas secretas y mas interesantes , y que veia el mecanismo que producen los vientos y las borrascas en la atmósfera.

No faltaba para completar esta escena maravillosa, y para darla un ayre de encanto mas que ver brillar los relámpagos en pequeño en medio de estas nubecillas. Unas veces eran tan espesas , y otras tenian tal disposicion para una borrasca , que si hubiera sucedido con efecto , no por eso se hubiera aumentado mi sorpresa ni mi admiracion.

Muchas circunstancias casuales contribuyéron á hacer este experimento aun mas interesante. El sol , que estaba muy sereno , lanzaba sus rayos sobre la ventana, en donde estaba colocado todo el aparato ; y como las muescas del quadro que servian de ribete á los platillos eran muy delgadas , la parte de este quadro que formaba el fondo muy estrecho de esta caxa expuesta á los rayos del sol , producian estos en esta parte una cantidad de calor muy grande , como puede inferirse de los movimientos de las partículas de ámbar pulverizado que estaban en el fondo de la caxa , ó por

los que las corrientes hacian concurrir allí.

Quando las partículas calentadas por el sol principiaban á moverse , se levantaban desde luego verticalmente ; pero antes de haber llegado á cierta elevacion , las corrientes inferiores las hacian tomar una direccion obliqua y casi horizontal. Este efecto representaba los vientos que en la atmósfera concurren cerca de la superficie de la tierra.

La direccion vertical de estas partículas , y la mutacion ocurrida despues en esta misma direccion , me recordó un hecho que habia observado en los países cálidos , y que muchas veces me divirtió en mi juventud. Quando el tiempo está caliente y seco , que no reynan vientos , y que el sol tiene mucha accion, el ayre que está sobre la tierra parece muchas veces agitado con violencia , y poco mas ó menos como un líquido en estado de hervor : este movimiento muy rápido en la superficie de la tierra parece cesar á los cinco ó seis pies sobre el suelo.

¿Esta agitacion violenta no resultará del combate del ayre caliente y del comparativamente mas frio , que se mueven verticalmente en direcciones opuestas cerca de la superficie de la tierra ? ¿ Y no podrémos creer que los vientos que reynan en las regiones superiores deben su origen á los efectos de las capas enteras de ayre que se inclinan á baxar ó á subir obliquamente ?

Las corrientes que se observaban en mi atmósfera artificial nunca eran perfectamente horizontales ; y si son fundadas mis sospechas sobre la causa de los vientos , las corrientes de ayre que reynan en las regiones superiores de la atmósfera de la tierra no pueden

ser mas horizontales , aunque su direccion parezca serlo. La mayor velocidad de las corrientes en el licor salino empleado en este experimento era de cerca de dos pulgadas por minuto ; pero sus movimientos eran de ordinario mucho mas lentos.

Como las ventanas grandes del quarto en donde hice los experimentos eran dobles , tanto en invierno como en verano , como lo son todas las de las piezas que habito ; y como el aparato que acabo de referir ocupaba el sitio de un quadro de un vidrio de la ventana interior , podia , abriendo esta ó la exterior , comunicar el calor sobre los dos costados de la caja igual ó desigual á mi arbitrio ; y las variaciones que producía esta disposicion en el curso del experimento daban lugar á muchos fenómenos interesantes.

Quedé particularmente sorprendido de un efecto que se presentaba regularmente todos los dias durante las tres semanas que empleé en hacer estos experimentos (1). Despues de haber reposado las nubes todo el dia en el líquido por diferentes corrientes , de las que á un mismo tiempo habia por lo regular siete ú ocho , las quales tomaban direcciones opuestas , no dexaban jamas de reunirse por la tarde en masas anchas , formando alguna vez una sola capa , otras dos ó tres en diferentes alturas , ó segun todas las apariencias quedaban sin movimiento por toda la noche.

No dudaré sobre la causa inmediata de este fenómeno ; pues parece que debe consistir en la disminucion ó en la cesacion total de las causas que producen una desigualdad de temperamento en este líquido.

(1) Al cabo de este tiempo un criado mal intencionado rompió la caja al tiempo de cerrar los postigos de la ventana.

Seria cosa muy curiosa averiguar las causas remotas, y ver hasta donde puede contribuir á esto la *luz*, ó mas bien su privacion; pero este exámen me conduciria á investigaciones muy individuales sobre el calor radiante, y me veria obligado á emplear mas tiempo que el que puedo destinar por ahora á esto.

No quiero concluir la descripcion de este experimento sin dar al lector una razon fiel de todo lo que me acuerde, y tenga relacion con él, y particularmente de una circunstancia casual, que probablemente tuvo alguna parte en la produccion de fenómenos interesantes que merecieron toda mi atencion.

El licor salino y el ámbar pulverizado se habian mezclado antes en una botella; pero como no puse esta mezcla en la caja sino quando esta se habia fixado en el quadro de la ventana, conocí el primer dia que no habia preparado bastante licor para llenarla. Para remediar este inconveniente sin desocupar la caja, añadí en diferentes cantidades agua pura y una solucion fuerte de potasa en proporciones adecuadas para producir la gravedad específica que se deseaba: despues intenté mezclar perfectamente este nuevo licor meneando la mezcla con una pluma bastante larga que introduxe por el agujero de la caja.

No podré determinar positivamente si las diferentes partes del líquido habian sido ó no perfectamente mezcladas por este medio: en la apariencia lo estaban bastantemente, porque el ámbar se hallaba bien distribuido en todas las partes del líquido. Pero aun suponiendo que este líquido estaba dividido en diferentes capas, segun el orden de las diferentes gravedades específicas de las partes diversas del líquido der-

ramadas en la caja en muchas cantidades, me pareció que el resultado del experimento no sería por eso menos interesante, ó que la aplicacion que sirve para explicar la causa de los vientos en la atmósfera no será menos convincente.

Sin embargo, estoy muy distante de exígir una confianza entera en el resultado de un solo experimento, mientras que estoy persuadido á que es posible inventar otros que serán mucho mas decisivos. Creo con todo que las ideas que este puede suministrar son muy evidentes para que no merezcan alguna atencion. Si este experimento puede mover la curiosidad de los físicos, y empeñarlos en investigaciones ulteriores sobre la materia de que se trata, lograré completamente el objeto que me he propuesto en publicar este detalle.

FIGURA II.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

DE ESTA SEGUNDA PARTE.

FIGURA I.^a

Representa un corte vertical del aparato que se ha usado para el experimento núm. 55 (véase la pág. 293) en la que se ha intentado derretir una prominencia de hielo por el efecto del calor transmitido de arriba abaxo penetrando el aceyte con un cilindro de hierro macizo calentado en agua hirviendo.

En esta figura se ve el tubo grande de vidrio, en cuyo fondo se ha hecho helar el pedazo de hielo en una vasija de barro llena de hielo machacado.

El aceyte se representa nadando sobre la superficie del pedazo de hielo contenido en el tubo de la jarra, y el cilindro de hierro cubierto de papel suspendido en la direccion del exe del tubo; de suerte que la extremidad inferior y horizontal de este cilindro está colocada directamente sobre la punta prominente de hielo, y á la distancia de 2,78 líneas.

FIGURA II.^a

Manifiesta el modo con que se ha executado el experimento número 57 (véase la pág. 303) quando se ha echado agua dulce sobre la salmuera, ó agua saturada de muriate de sosa, ó sal contenida en

una vasija, sin que esta agua se mezcle con la salmuera.

El espacio entre el exterior del cuello interior y el interior de la vasija grande está lleno hasta la altura de 13,9 líneas sobre la superficie del aceyte contenido en él de trozos de hielo del tamaño de avellanas, nadando sobre el agua al temple del hielo.

por medio de esta abertura se llenó de mercurio caliente, enteramente libre de ayre y de vapores mediante el hervor, el espacio entre la superficie interior del globo de vidrio y el de la bola del termómetro. Estando llenos el globo y el tubo del barómetro que estaba unido á él de mercurio, se volvió con cuidado el tubo, y se colocó su extremidad abierta en un recipiente, en el que habia una cierta cantidad de mercurio. El instrumento sirvió desde entonces de barómetro, y baxando el mercurio del globo, que estaba vuelto hacia arriba, dexaba el espacio que rodeaba la bola absolutamente libre de ayre. Quedando enteramente libre del mercurio el globo de vidrio, y baxando al tubo hasta la altura de 2 pies, 8 pulgadas y 7,1 líneas, que era entonces la del mercurio en el barómetro ordinario, soldé herméticamente el tubo á 10,4 líneas por baxo del globo, valiéndome de un velon y de una cañuela ó soplete, con lo que derretí el vidrio; y cortándolo en este parage con una lima muy fina, separé el globo del tubo grande del barómetro. Llenando despues el termómetro de mercurio segun la operacion ordinaria, me proporcioné un termómetro cuya bola estaba colocada en el centro de *un vacío de Torricelli*, y que servia á un mismo tiempo como cuerpo para calentar, y como instrumento para graduar el calor comunicado.

Experimento núm. 1.

Hice el siguiente experimento con este aparato, cuya construccion puede verse (*fig. 1.^a*) en la lámina que acompaña á este Ensayo.

Metí el termómetro en un vaso lleno de agua caliente á 18 grados (termómetro de Reaumur), y dexándolo allí hasta que hubiese adquirido el temperamento del agua, esto es, hasta que el mercurio contenido en el termómetro estuviese á 18 grados, lo saqué de este vaso, y lo metí de golpe en otro lleno de agua hirviendo; y continuándolo en ella con el cuidado de conservar su hervor por la extremidad del tubo, de modo que el globo de vidrio, en cuyo centro se habia colocado la bola del termómetro, estuviese exáctamente sumergido, observé el número de grados con que se elevaba el mercurio en diversos intervalos de tiempo desde el momento de la inmersión: noté de este modo que despues de haber permanecido el termómetro un minuto y 30 segundos en el agua hirviendo, se habia elevado el mercurio de 18 á 27 grados: pasados otros 4 minutos se habia elevado á 44 grados $\frac{9}{10}$, y al cabo de 5 á 48 grados $\frac{2}{10}$.

Experimento núm. 2.

Sacando el termómetro del agua hirviendo, lo dexé enfriar gradualmente al ayre; y quando adquirió el temperamento de la atmósfera, que era el de 15 grados (termómetro de Reaumur), estando el tiempo perfectamente bueno, rompí un pedacito de la punta del tubo pequeño que estaba en el fondo de la bola de vidrio, á la qual se le habia soldado herméticamente, y de consiguiente se introduxo con prontitud en la bola el ayre atmosférico. Estando en la actualidad lleno de ayre el espacio que rodeaba al globo del ter-

mómetro, en vez de estar vacío, como en el experimento anterior, volví á soldar herméticamente la extremidad del tubo pequeño al fondo de la bola de vidrio, y por este medio intercepté toda comunicacion entre el ayre confinado en la bola y el exterior: repetí el experimento de que se trata con el termómetro preparado de este modo, quiero decir, que le metí en el agua calentada hasta 18 grados; y quando adquirió el mismo temperamento, le metí en agua hirviendo, y observé en el termómetro los tiempos del ascenso del mercurio, que fuéron los siguientes.

	Tiempo corridos.		Calor adquirido.
Calor en el momento en que se metió el termómetro en el agua hirviendo.....			18° R.
Despues de haber estado en el agua hirviendo.....	min.	seg.	
	0	45	27°
	1	0	34 $\frac{4}{10}$
	2	10	44 $\frac{9}{10}$
	2	40	48 $\frac{2}{10}$
	4	0	56 $\frac{2}{10}$
	5	0	60 $\frac{9}{10}$

Parece evidente, segun el resultado de estos experimentos, que el vacío de Torricelli, que proporciona un paso tan fácil al fluido eléctrico, bien lejos de ser un buen conductor de calor, es muy inferior baxo

esta relacion al ayre ordinario, que se mira como uno de los peores conductores; porque en el último experimento, en el qual el globo del termómetro estaba rodeado de ayre, quando se le metió en el agua hirviendo, el mercurio se elevó en 45 segundos desde 18 á 27 grados; pero en el anterior, quando estaba rodeado por el vacío de Torricelli, fue preciso que estuviese en el agua hirviendo un minuto y 30 segundos, ó sean 90 segundos, para adquirir este grado de calor. En el vacío se necesitáron 5 minutos para que pudiera elevarse á 48 grados, $\frac{2}{10}$; pero en el ayre se elevó á esta altura en 2 minutos y 40 segundos; y la proporcion de los tiempos en la otra observacion es poco mas ó menos la misma, como se verá en la tabla siguiente.

El globo del termómetro colocado en el centro de la bola de vidrio, y rodeado del

*Vacío de Torri- Rodeado de
celli. ayre.*

		Exp. núm. 1.	Exp. núm. 2.		
		<i>Tiempo corrido.</i>	<i>Calor adquirido.</i>	<i>Tiempo corrido.</i>	<i>Calor adquirido.</i>
Estando metido en el agua hirviendo.....		18°		18°	
Despues de haber permanecido en ella.		min. seg.		min. seg.	
○	30	27°	○	45	27°
○	○	○	○	○	30 $\frac{4}{10}$
4	○	44 $\frac{9}{10}$	2	10	44 $\frac{9}{10}$
5	○	48 $\frac{2}{10}$	2	40	48 $\frac{2}{10}$
○	○	○ ○	4	○	56 $\frac{2}{10}$
○	○	○ ○	5	○	60 $\frac{9}{10}$

Estos experimentos se han hecho en Manhein á presencia del profesor Hemmer, de la Academia de las Ciencias, y de Cárlos Artaria, fabricante de instrumentos de Matemáticas de la Academia, que me ayudáron á esta operacion.

Habiendo notado que la construccion del instrumento de que usaba en el curso de estos experimentos, exponia á muchos trabajos y riesgos á causa de la dificultad que habia en soldar la bola de vidrio en el tubo del termómetro sin cerrarlo ó sin deteriorar su

calibre, me valí de otra invencion mucho mas cómoda y mas fácil de executar.

A la extremidad de un tubo ó cilindro de vidrio de 11 pulgadas, 7,6 líneas á un pie y 9 líneas de largo, y de casi 10,4 líneas de diámetro interior, hice soplar una bola de una pulgada y 8,8 líneas de diámetro, con una abertura en su fondo correspondiente al calibre del tubo, y de un diámetro igual, dexando á la abertura un cuello ó tubo muy corto, de casi 1 pulgada 1,9 líneas, ó 10,4 líneas de largo. Teniendo preparado un termómetro cuya bola tenia precisamente 6,9 líneas de diámetro, y sobre el qual estaba señalado el punto de congelacion á casi 3 pulgadas y 2,3 líneas sobre la bola, gradué el tubo segun la escala de Reaumur, principiando por 0°, y señalando este punto, como todos los otros, de 10 en 10 grados hasta 80 grados con seda muy fina puesta al rededor del tubo, la qual bien empapada en barniz de laca estaba pegada fuertemente al tubo. Introduxe este termómetro en el cilindro de vidrio y el globo que acabo de describir por la abertura conducido hasta el fondo de este; antes habia angostado el cilindro casi 2 pulgadas, 3,9 líneas por su juntura, haciéndolo calentar, y oprimiendo sus costados interiormente hácia el exe, dexando solamente una abertura suficiente para que entrase el tubo del termómetro. Introducido el termómetro en el cilindro, de modo que el centro de su bola tocase con el del globo que lo rodeaba, señalé un sitio sobre el cilindro á casi 10,4 líneas sobre el grado 80, ó del punto del agua hirviendo sobre el tubo del termómetro que estaba encerrado en él; y sacando el termómetro, estreché todavía el cilindro en

este parage. Entonces introduciendo por la última vez el termómetro , cerré la abertura del fondo del globo por medio del velon , cuidando antes de acercarle el fuego de volver el cilindro de arriba abaxo , y dexar caer la bola del termómetro en el cilindro , hasta que se detuviese en su última compresion. Por este medio quedaba la bola distante de la llama del velon mas de 3 pulgadas y 5,7 líneas ; estando entonces cerrada la abertura del fondo del globo , y vuelta á colocar la bola del termómetro en él , se cortó el extremo del cilindro casi 6,9 líneas de la compresion superior. Executada esta operacion , era claro que el tubo del termómetro excedia la extremidad del cilindro , cogiendo la extremidad de este tubo , coloqué la bola del termómetro tan cerca del centro del globo quanto era posible , y observando y anotando un punto sobre el tubo , inmediatamente sobre la compresion superior del cilindro , volví este de arriba abaxo , y dexando entrar en él la bola del termómetro de suerte que se apoyase sobre la compresion inferior del cilindro (entonces la extremidad del tubo salia al otro cabo) , se cortó la extremidad del tubo en el lugar señalado , de que he hablado (teniendo antes cuidado de reunir en este sitio el tubo del termómetro en un cilindro sólido) ; y se soldó á la extremidad del tubo una bola pequeña de vidrio un poco mas gruesa que el diámetro interior ó la abertura de la compresion , que formaba un boton pequeño , que apoyándose sobre la compresion superior del cilindro , servia para suspender el termómetro , de suerte que el centro de su bola coincidiese con el del globo en que estaba encerrada. Calentada la extremidad del cilindro por encima de la presion superior y redu-

cida á manera de punta, ó mas de un cono cóncavo, se soldó su extremidad á la de un tubo de barómetro, con cuyo auxilio la cavidad del cilindro y del globo que contenia el termómetro quedó completamente vacía de ayre por el mercurio; despues cerrada herméticamente la extremidad del cilindro, se separó el tubo del barómetro con una lima, y el termómetro quedó completamente en el vacío de Torricelli; el centro de la bola del instrumento, que correspondia al centro del globo de vidrio, sin tocarle en ninguna parte, por medio de dos compresiones en el cilindro, y del boton á la extremidad del tubo.

Me proveí de dos de estos instrumentos que tenian poco mas ó menos las mismas dimensiones: uno, que llamaré núm. 1.^o, estaba desocupado de ayre por la operacion que acabo de referir; y el otro, núm. 2.^o, estaba lleno de él, y cerrado herméticamente.

Con estos instrumentos (*véase la fig. 2.^a*) hice los dos experimentos siguientes en Manhein el 11 de Julio de 1785, entre las diez y diez y media de la mañana con tiempo claro y hermoso, el mercurio en el barómetro á la altura de 32 pulgadas y 6 líneas, el termómetro de Reaumur á 15 grados, y el higrómetro de la Academia de Manhein á 47.

Experimentos núm. 3, 4, 5 y 6.

Puse estos dos instrumentos en el hielo derretido, los dexé allí hasta que el mercurio en los termómetros encerrados se detuvo en el punto 0°, esto es, hasta que hubiesen adquirido el temperamento del hielo derretido; los saqué entonces de este baño, y los me-

ti de golpe en un vaso grande de agua hirviendo, observando el tiempo necesario para que el mercurio se elevase en los termómetros de 10 en 10 grados desde 0° á 80° , cuidando de mantener el agua hirviendo durante todo este tiempo, y de tener los instrumentos metidos en el agua hasta la misma profundidad, esto es, precisamente lo que bastase para que el punto 0° del termómetro encerrado estuviese á nivel con la superficie del agua.

Repetí dos veces estos experimentos con el mayor cuidado. La tabla siguiente indica sus resultados.

Temperatura del agua	Temperatura del mercurio	Tiempo en segundos
0	0	0
10	10	10
20	20	20
30	30	30
40	40	40
50	50	50
60	60	60
70	70	70
80	80	80

Termómetro núm. 1.

Su bola de 6,9 líneas de diámetro, encerrada en el centro de un globo cóncavo de vidrio de una pulgada y 8,8 líneas de diámetro, *purgada de ayre*, y cerrada herméticamente.

Sacado del agua al temple del hielo, y metido en el agua hirviendo.

Tiempo corrido.

Exp. n. 3.		Exp. n. 4.		Calor adquirido.
min.	seg.	min.	seg.	
0	51	0	51	10
—	59	—	59	20
I	I	I	2	30
I	18	I	22	40
I	24	I	23	50
2	0	I	51	60
3	30	3	6	70
II	41	10	27	80

22 44. 21 I, tiempo total para calent. de 0° á 80°

Tiempo total de 0° á 70° en el exp. núm. 3. 11' 3", en el exp. núm. 4. 10 34

Término medio 10 48½

Termómetro núm. 2.

Su bola de 6,9 líneas de diámetro, encerrada en el centro de un globo cóncavo de vidrio de una pulgada y 8,8 líneas de diámetro, *lleno de ayre*, y cerrado herméticamente.

Sacado del agua al temple del hielo, y metido en el agua hirviendo.

Tiempo corrido.

Exp. n. 5.		Exp. n. 6.		Calor adquirido.
min.	seg.	min.	seg.	
0	30	0	30	10
	35		37	20
	41		41	30
	49		53	40
I	I		59	50
I	24	I	20	60
2	45	2	25	70
9	10	9	38	80

16 55. 17 3, tiempo total para calent. de 0° á 80°

Tiempo total de 0° á 70° en el exp. núm. 5. 7' 45", en el exp. núm. 6. 7 25

Término medio 7 35

Parece por estos experimentos que la potencia conductora del ayre está á la del vacío de Torricelli, en las circunstancias mencionadas, en razon inversa de $7 \frac{35}{60}$ á $10 \frac{48 \frac{1}{2}}{60}$, ó poco mas ó menos como 1000 á 762;

porque siendo iguales las cantidades de calor comunicadas , la intensidad de la comunicacion está en razon inversa de los tiempos.

En estos experimentos ha penetrado el calor rodeando por el medio , y ha entrado en la bola del termómetro ; para hacer el experimento por la inversa, y para que el calor saliese del instrumento , puse los aparatos en el agua hirviendo , y los dexé allí hasta que hubiesen adquirido su temperamento , esto es, hasta que el mercurio contenido en el termómetro estuviese á 80 grados ; y sacándolos entonces del agua hirviendo , los metí de golpe en una mezcla de agua y de hielo machacado ; y meneándolos continuamente en esta mezcla , observé el tiempo invertido para enfriarlos del modo siguiente.

<i>Termómetro núm. 1.</i>			<i>Termómetro núm. 2.</i>		
Rodeado por el vacío de Torricelli.			Rodeado de ayre.		
Sacado del agua hirviendo, y metido en agua al temple del hielo.			Sacado del agua hirviendo, y metido al temple del hielo.		
<i>Tiempo corrido.</i>			<i>Tiempo corrido.</i>		
Exp. n. 7.	Exp. n. 8.	Calor perdido.	Exp. n. 9.	Exp. n. 10.	Calor perdido.
<i>min. seg.</i>	<i>min. seg.</i>	80	<i>min. seg.</i>	<i>min. seg.</i>	80°
1 2	0 54	70	0 33	0 33	70
- 58	1 2	60	39	34	60
1 17	1 18	50	44	44	50
1 46	1 37	40	55	55	40
2 5	2 10	30	1 17	1 18	30
3 14	3 10	20	1 57	1 57	20
5 42	5 59	16	3 44	3 40	10
<i>pas. obser.</i>	<i>pas. obser.</i>	0	40 10	<i>pas. obser.</i>	0
Tiempo del enfriamiento de 80° á 10°.			Tiempo del enfriamiento de 80° á 10°.		
Exp. núm. 7.	16' 4"		Exp. núm. 9.	9' 49"	
Exp. núm. 8.	16 16		Exp. núm. 10.	9 41	
Término medio	16 10		Término medio	9 45	

Parece por estos experimentos que la potencia conductora del ayre está á la del vacío de Torricelli en razon inversa, como $9 \frac{45}{60}$ á $16 \frac{10}{60}$; ó como 1000 á 603.

Para determinar si el mismo efecto podia tener lugar quando los termómetros calentados, en lugar de meterse en el agua al temple del hielo, se enfrian al ayre libre, hice el experimento siguiente. Habiéndose calentado de nuevo los termómetros núm. 1. y

núm. 2. en agua hirviendo, como en los últimos experimentos, los saqué del agua, y los suspendí en medio de un quarto grande, cuyas puertas y ventanas se cerraron, y en donde el ayre que no estaba agitado, se hallaba á los 16 grados (termómetro de Reaumur), y se hallaron los tiempos del enfriamiento tales como se sigue.

Exp. núm. 11.

Termómetro núm. 1.

Rodeado del vacío de Torricelli.

Calentado á 80°, y colgado al ayre al temperamento de 16°.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Calor perdido.</i>
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	
pas.	observ.	80°
1	24	70
1	44	60
2	28	50
4	16	40
		30

10 12, tiempo total empleado para enfriar de 70° á 30°.

Exp. núm. 12.

Termómetro núm. 2.

Rodeado de ayre.

Calentado á 80°, y colgado al temperamento de 16°.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Calor perdido.</i>
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	
pas.	observ.	80°
0	51	70
1	5	60
1	34	50
2	41	40
		30

6 11, tiempo total empleado para enfriar de 70° á 30°.

La diferencia entre las potencias conductoras del ayre y del vacío de Torricelli, parece aquí poco mas ó menos la misma que en los experimentos anteriores, esto es, como 6 $\frac{11}{60}$ á 10 $\frac{12}{60}$ inversamente, ó como 1000 á 605. No puede observar el tiempo del

enfriamiento de 80 á 70 grados por 'estar entonces ocupado en suspender los instrumentos.

Como podria objetarse á las conseqüencias deducidas de estos experimentos , que á pesar de todo el trabajo que se habia tomado en la construccion de los dos instrumentos para que fuesen perfectamente semejantes ; sin embargo , en la realidad podian ser bastante diferentes , ya por la forma ó por su tamaño , para ocasionar un error notable en el resultado de los experimentos ; hice los Ensayos siguientes , con el fin de quitar toda duda en esta parte.

A las once de la mañana , estando el tiempo perfectamente bueno , el mercurio en el barómetro á 32 pulgadas y 6,9 líneas , el termómetro de Reaumur á 15 grados , y el higrómetro á 47 , repetí el experimento núm. 3. calentando el termómetro núm. 1. en agua hirviendo ; y abriendo inmediatamente despues el cilindro que contenia el termómetro por su extremidad inferior por donde estaba soldado , y dexando entrar el ayre en él , le volví á soldar herméticamente , y repetí el experimento con el mismo instrumento , estando entonces el termómetro rodeado de ayre como el termómetro núm. 2.

El resultado de estos experimentos , que puede verse en la tabla siguiente , manifiesta evidentemente que el error que provenia de la diferencia de forma ó de las dimensiones de los dos instrumentos de que se trata era muy poco considerable , por no decir imperceptible.

Exp. núm. 13.

Termómetro núm. 1.

Su bola de 6,9 líneas de diámetro, encerrada en el centro de un globo de vidrio de 1 pulgada y 8,8 líneas de diámetro, *purgada de ayre*, y cerrado herméticamente.

Sacado del agua al temple del hielo, y metido en el agua hirviendo.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Calor adquirido.</i>
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	°
0	55	10
0	55	20
1	7	30
1	15	40
1	29	50
2	2	60
3	21	70
13	34	80

24 48, tiempo total para calentarlo de 0° á 80°. Tiempo total de 0° á 70° 11' 4".

Exp. núm. 14.

El mismo termómetro n. 1.

Estando el globo de vidrio que contiene la bola del termómetro actualmente *lleno de ayre*, y cerrado herméticamente.

Sacado del agua al temple del hielo, y metido en el agua hirviendo.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Calor adquirido.</i>
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	°
0	32	10
	32	20
	43	30
	50	40
1	1	50
1	24	60
2	38	70
10	15	80

18 5, tiempo total para calentar el instrumento de 0° á 80°. Tiempo total de 0° á 70° 7' 40".

Parece pues, segun estos experimentos, que la potencia conductora del ayre atmosférico es á la del vacío de Torricelli como $7\frac{40}{60}$ á $11\frac{4}{60}$ inversamente, ó como 1000 á 602; todo lo qual se diferencia

muy poco del resultado de los experimentos anteriores.

Aunque parece por el resultado de los últimos experimentos que, sea qual fuere la diferencia que pueda haber en las proporciones ó dimensiones de los instrumentos núm. 1 y núm. 2, podia con trabajo producir un error sensible en el resultado de los experimentos de que se trata, deseaba sin embargo conocer hasta qué punto podria afectar los experimentos una diferencia considerable en las proporciones del instrumento; me proveí de otro, que llamaré núm. 3, diferente de los que ya he hablado, tanto por su tamaño como por su construcción.

La bola del termómetro era de la misma forma y dimension que la de los instrumentos núm. 1 y núm. 2. esto es, de forma globular y de 6,9 líneas de diámetro. Pero el globo de vidrio, en cuyo centro estaba dispuesta esta bola, era mucho mayor: tenia 4 pulgadas y 2,3 líneas de diámetro; y el calibre del tubo del termómetro era mucho menor, y por consiguiente el tubo mucho mas largo, y las dimensiones de la escala mucho mayores. Las divisiones estaban señaladas sobre el tubo con pedacitos de seda de diferente color á cada 10º desde 0º hasta 80, como en los instrumentos mencionados antes. El tubo ó cilindro que pendia del globo de vidrio tenia 9,28 líneas de diámetro; era un poco mas largo que el tubo del termómetro; perfectamente cilíndrico, y sin presion desde su extremidad superior hasta su union con el globo: el termómetro estaba sostenido en el centro del globo por un medio diferente, que voy á describir: se habia acomodado á la abertura del cilindro un tapon de madera seca muy embarnizado, y el tubo

del termómetro pasaba por el medio del centro de este tapon : este medio sostenia el tubo en el exe del cilindro por su extremidad superior. Para retenerlo por su extremidad inferior se habia acomodado un poco mas abaxo del punto un resorte pequeño de acero , que estando fixo al rededor del tubo del termómetro , tenia tres puntas elásticas saledizas , que apretando contra el interior del cilindro , aseguraban el termómetro en su sitio. La longitud total de este instrumento , desde el fondo del globo hasta la extremidad superior del cilindro , era de 20 pulgadas y 10,7 líneas, y el punto de congelacion sobre el termómetro caia á casi 3 pulgadas y 5,7 líneas de su bola. De consiguiente estaba á casi 1 pulgada y 8,8 líneas sobre la union del cilindro con el globo quando el termómetro estaba fixo en su lugar , coincidiendo el centro de su bola con el centro del globo de vidrio. Al traves del tapon que cerraba la extremidad del cilindro pasaban dos tubos pequeños de vidrio de casi 1,16 linea de diámetro , que estando cerca de 1,16 linea mas distantes del tapon , estaban cerrados á su tiempo con tapones pequeños de su mismo calibre. Estos tubos , que ajustaban en los agujeros hechos en el tapon grande del cilindro destinado á recibirlos , estaban asegurados en estos agujeros , y servian para conducir el ayre ú otro qualquier fluido al globo de vidrio , sin que fuese necesario quitar el tapon que cerraba la extremidad del cilindro : este tapon estaba asegurado en su sitio con argamasa , para impedir que no se trastornase fácilmente la posicion del termómetro.

He hecho una descripcion muy detallada de estos instrumentos , porque creo que es necesario tener una

idea perfecta de ellos para juzgar de los experimentos en que se han empleado.

Hice el experimento siguiente con el instrumento que á cabo de describir, y que he llamado termómetro núm. 3. El 18 de Julio, despues del medio dia, estando el tiempo variable, el cielo unas veces sereno, y otras cargado de nubes, el viento Sud-este bastante fuerte, con algunas ondas de lluvia ligeras, el barómetro á 32 pulgadas y 5,42 líneas, el termómetro á $18^{\circ}\frac{1}{4}$, y el higrómetro variante de 44° hasta la extrema humedad.

Para comparar el resultado del experimento hecho con este termómetro con los hechos con el termómetro núm. 2, coloqué estos experimentos uno al lado del otro en la tabla siguiente.

Exp. núm. 15.

Termómetro núm. 3.

Su bola de 6,9 líneas de diámetro, encerrada en el centro de un globo de vidrio de 4 pulgadas y 3,5 líneas y $\frac{1}{2}$ de diámetro, y rodeado de ayre.

Sacado del agua fria, y metido en el agua hirviendo.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Calor adquirido.</i>
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	<i>o°</i>
	33	10°
	38	20
	44	30
	51	40
I	7	50
I	28	60
2	28	70
9	0	80

16 59, tiempo total para calentar el instrumento de 0° á 80°.

Tiempo de 0° á 70° 7' 59".

Exp. núm. 4. y núm. 5.

Termómetro núm. 2.

Su bola de 6,9 líneas de diámetro, encerrada en el centro de un globo de vidrio de 1 pulgada y 8,8 líneas de diámetro, y rodeada de ayre.

Sacado del agua fria, y metido en el agua hirviendo.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Término medio.</i>	<i>Calor adquirido.</i>
<i>Exper. núm. 4.</i>	<i>Exper. núm. 5.</i>		
<i>m. seg.</i>	<i>m. seg.</i>	<i>m. seg.</i>	<i>o°</i>
30	30	30	10°
35	37	36	20
41	41	41	30
49	53	51	40
I 1	59	I 0	50
I 24	I 20	I 22	60
2 45	2 25	2 35	70
9 10	9 38	9 24	80

16 55 17 3 16 59, tiempo total para calentar de 0° á 80°.

Tiempo de 0° á 70° 7' 35".

Si tuve motivo para sorprehenderme de la conformidad de estos experimentos con los executados con los termómetros núm. 1 y núm. 2, no lo quedé menos de su diferencia en el experimento siguiente.

Experimento núm. 16.

Habiendo sacado del agua hirviendo el termómetro núm. 3, le coloqué inmediatamente en medio de un quarto grande, en donde estaba quieto el ayre, y tenia el temperamento de $18^{\circ}\frac{1}{4}$ (termómetro de Reaumur), y observé el tiempo del enfriamiento del modo siguiente.

<i>Tiempo corrido.</i>		<i>Calor perdido.</i>
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	
1	55	80°
	12	70°
	33	60°
2	15	50°
4	0	40°
9	55	30°

Tiempo total del enfriamiento de 80° á 30°.

Tiempo del enfriamiento de 70° á 30° = 8' 0". Pero en el experimento núm. 12 con el termómetro número 2 el tiempo empleado en enfriar de 70° á 30° no era mas que de 6 11". En este experimento con el termómetro núm. 3 el tiempo empleado en enfriar de 60° á 30° era de 7' 48"; pero en el experimento ya mencionado con el termómetro núm. 2 no era mas que de 5' 20". Es verdad que el ayre del quarto estaba un

poco mas frio quando se hizo el experimento anterior que quando se executó el último con el termómetro núm. 3 ; pero esta diferencia de temperamentos , que no era mas de $20^{\circ}\frac{1}{4}$ (estando el termómetro del quarto á 16° en el caso primero y en el segundo á $18^{\circ}\frac{1}{4}$), no podia ciertamente causar la total diferencia en el resultado de los experimentos.

¿ Recibe el ayre el calor con mas prontitud que lo pierde ? Esta es una cuestión que merece profundizarse , y no dexaré de ocuparme en su solucion en el curso de mis investigaciones ; pero dedicándome ahora á este objeto , voy á referir los experimentos que he hecho (1).

(1) Me parece que se daría un paso esencial al conocimiento de las propiedades del calor si se estableciese de un modo indubitable su paso por el vacío de Torricelli , y si se determinasen con la claridad posible las leyes de sus movimientos en este medio. Pero temiendo no se suscitasen dudas relativas á los experimentos anteriores , á causa del contacto de los tubos de los termómetros encerrados en los globos de vidrio , ó mas bien en sus cilindros , contacto que hubiera podido hacer sospechar que la totalidad , ó á lo menos una cierta cantidad del calor adquirido , hubiera podido comunicarse por el intermedio del vidrio : hice el experimento siguiente para remover todas las dudas en esta parte. Suspendí en medio de un vaso en forma de punta de cerca de 9 pulgadas , 3,7 líneas de largo , y de 34 pulgadas y 11,1 líneas en su diámetro mayor un termómetro pequeño para mercurio de 6 pulgadas y 4,7 líneas de largo : este termómetro estaba suspendido de un hilo de seda muy fina , de modo que ni su bola ni su tubo tocasen el vidrio en ningún punto. El tubo del termómetro estaba graduado con hebras de seda muy finas y de diferentes colores , como lo estaban los termómetros empleados en los instrumentos descriptos anteriormente. El termómetro estaba suspendido en su sitio por medio de un resorte pequeño de acero , á cuya extremidad estando unido el hilo de seda que lo sostenia , el resorte

Siendo mi intencion desde el principio comenzar por exâminar las potencias conductoras de los diferentes ayres artificiales, ó *gazes*, hice construir el termómetro núm. 3 con el fin de hacer estos experimentos; y habiéndome proporcionado diversas especies de *ayres*, principié por el *fixo*, del qual, por medio del agua,

estaba comprimido en una eminencia pequeña ó cavidad globular de 6,9 líneas de diámetro, que soplando se habia hecho en la extremidad superior del tubo: estando fixo allí el resorte, quedaba el termómetro precisamente suspendido en el exe del aparato que le encerraba. En el fondo de este habia una abertura por la qual se introducía el termómetro, y soldado un tubo de barómetro á esta abertura, quedaba purgado del ayre el interior del aparato de vidrio por el intermedio del mercurio: cerrada despues herméticamente su abertura, y levantando el tubo del barómetro, quedaba suspendido el termómetro en el vacío de Torricelli.

Como segun la construccion de este instrumento el termómetro encerrado en su interior no le tocaba en parte ninguna, antes por el contrario estaba á lo menos 1 pulgada y 1,9 línea distante de su superficie interior, es evidente que todo el calor que hubiera podido entrar en el termómetro, ó salir de él, hubiera sido forzado á atravesar el vacío de Torricelli que lo rodeaba; porque no puede suponerse que el hilo de seda con que estaba suspendido el termómetro fuese capaz de conducir calor alguno, ó á lo menos conducir á él una cantidad sensible. Me lisonjeo pues con la esperanza de determinar positivamente por medio de este instrumento el paso del calor en el vacío de Torricelli, y creo haber llegado á este punto, aunque un accidente fatal me ha impedido continuar estos experimentos hasta donde hubiera deseado.

Estando dicho instrumento acomodado á un pie pequeño de madera, de suerte que quedase en una situacion vertical, lo coloqué en mi quarto al lado de otro termómetro encerrado núm. 2, que estaba rodeado de ayre, y observé el efecto de la variacion del calor en la atmósfera. Pronto descubrí, por el movimiento del mercurio

llené el termómetro; y cerrando los dos agujeros en el tapon grande que terminaba el cilindro, puse el instrumento en el agua al temple del hielo hasta que el mercurio contenido en él subiese á 0°. Sacándolo luego de ella, lo metí en un vaso grande de agua hirviendo;

en el termómetro encerrado, que el calor atravesaba el vacío de Torricelli; pero pareció evidentemente por la lentitud ó por la grande insensibilidad del termómetro, que el calor atravesaba con mucha mas dificultad este medio que el ayre ordinario; metí entonces los dos termómetros en un cubillo de agua fria; y observé que el mercurio, en el termómetro rodeado de ayre, baxaba con mucha mas prontitud que el que estaba rodeado del vacío de Torricelli. Lo saqué del agua fria, y lo entré en un vaso de agua caliente (no teniendo á la mano los accesorios necesarios para repetir, como era regular, el experimento con agua al temple del hielo y agua hirviendo); y el termómetro rodeado por el vacío de Torricelli pareció mucho mas lento ó menos sensible que el que lo estaba de ayre.

Estos Ensayos fuéron bastante suficientes para convencerme de que el calor podia atravesar el vacío de Torricelli, y que lo atravesaba con mucha mas dificultad que el ayre ordinario; pero no contento con ceñir mis investigaciones á lo que ya habia experimentado, aproveché la primera ocasion que se presentó, y repetí los experimentos que habia hecho anteriormente con los instrumentos núm. 1 y núm. 2: metí este en el agua al temple del hielo, en donde lo dexé hasta que el mercurio descendió á 0°: entonces sacándolo del agua al temple del hielo, lo metí aceleradamente en un vaso lleno de agua hirviendo: me disponia para observar el ascenso del mercurio en el termómetro encerrado, como en el experimento anterior, quando por desgracia, en el momento en que la extremidad de la cubierta de vidrio tocó al agua hirviendo, la rompió el calor en el lugar en que se habia cerrado herméticamente; y entrando el agua en la capacidad interior, destruyó el experimento: desde entonces no he tenido ocasion de proporcionarme otro instrumento para repetirlo.

y me preparaba para observar las gradaciones del acaloramiento, como en los experimentos anteriores, quando ocurrió un accidente que terminó repentinamente el experimento. En el momento en que metí el termómetro en el agua hirviendo principió á elevarse el mercurio con una rapidez tal, que habia pasado la division primera del tubo (correspondiente al grado décimo de la escala de Reaumur) antes que hubiese observado que estaba en movimiento: de este modo, perdida la ocasion de observar el tiempo que el mercurio habia empleado para llegar á este punto, me preparaba para observar su paso á la division siguiente, quando de repente el tapon que cerraba la extremidad del cilindro fue arrojado en la chimenea con una explosion grande, y el termómetro que estaba unido á él por su tubo fue arrastrado con el mismo movimiento, y se rompió al caer.

Aunque este experimento desgraciado terminó las averiguaciones que yo intentaba, me presentó tambien la ocasion de hacer observaciones no menos interesantes. Sospechaba que la explosion habia resultado por la rarefaccion del agua que habia quedado pegada al interior del globo y del cilindro despues de haberse llenado de ayre fixo; y creyendo mas que probable que la velocidad extraordinaria, con que se habia elevado el mercurio en el termómetro nacia de la misma causa, me apliqué á exâminar la potencia conductora del *ayre húmedo*, ó del ayre saturado del agua.

Me proveí para este experimento de un termómetro nuevo *fig. 4.^a*, cuya bola, siendo de la misma forma que la del que acabo de describir (esto, es es-

férica), tenia tambien las mismas proporciones, ó 6,9 líneas de diámetro.

Para encerrar este termómetro tomé un cilindro de vidrio de 9,3 líneas de diámetro, y de 16 puígas, 10,4 de largo, terminado en una cavidad de 6,9 líneas de diámetro. La bola del termómetro estaba sostenida en el centro de este globo por medio de un tapon que cerraba la extremidad del cilindro: este tapon, que tenia casi 2 pulgadas de largo, recibia la extremidad del tubo del termómetro en un agujero hecho en su exe, y retenia al termómetro en su sitio sin mas aparato. Se habian hecho otros dos agujeros pequeños en este tapon, en los quales se metieron los tubos de vidrio muy delgado, como en el termómetro *fig. 3.^a*, que comunicaban igualmente con el cilindro: estas aberturas podian cerrarse quando se quisiese con tapones de corcho; pero para evitar los accidentes originados por alguna explosion, como lo experimenté antes, se cuidó de que estos tapones entrasen fácilmente, para que el ayre confinado pudiese despedirlos sin esfuerzo considerable.

Aunque en este instrumento el termómetro no estuviese tan seguro en su lugar como en los termómetros núm. 1, núm. 2 y núm. 3, ocasionando la elasticidad del tubo, y el peso del mercurio en la bola del termómetro una vibracion en el instrumento quando habia en él algun movimiento ó sacudimiento repentino; sin embargo, yo preferí este método á los otros, porque la parte inferior del termómetro estaba absolutamente libre ó suspendida, de modo que no tenia comunicacion con la parte inferior del cilindro ó del globo; porque aunque la cantidad de calor

recibida por el tubo del termómetro en su contacto con el cilindro hasta el punto de sus compresiones en los instrumentos núm. 1 y núm. 2 , ó con los brazos del resorte en el núm. 3 , y comunicada despues á la bola, debia ser excesivamente pequeña ; desearia con todo prevenir este corto inconveniente , y otro qualquier error ó inexâctitud , por leve que pudiese ser.

¿ La humedad aumenta la potencia conductora del ayre ?

Para resolver esta cuestión hice el experimento siguiente estando el tiempo claro y sereno , el barómetro á 32 pulgadas y 2,5 líneas , el termómetro á 19 grados , y el higrómetro á 44 grados.

Exp. núm. 17.

Termómetro núm. 4.

Rodeado de ayre seco á 44 grados señalados por el higrómetro de plumon de la Academia de Manhein.

Sacado del agua al temple del hielo, y metido en el agua hirviendo.

Tiempo corrido.		Calor adquirido.
min.	seg.	º
0	34	10
	39	20
	44	30
	51	40
1	6	50
1	35	60
2	40	70
pas. observ.		80

8 9, tiempo necesario para calentar el instrumento de 0º á 70º.

Exp. núm. 18.

El mismo termómetro n. 4.

Rodeado de ayre húmedo todo lo posible, mojado el interior del cilindro y del globo con agua.

Sacado del agua al temple del hielo, y metido en el agua hirviendo.

Tiempo corrido.		Calor adquirido.
min.	seg.	º
0	6	10
	4	20
	5	30
	9	40
	18	50
	26	60
	43	70
7	45	80

1 51, tiempo necesario para calentar el instrumento de 0º á 70º.

Parece, segun estos experimentos, que la potencia conductora del ayre se aumenta considerablemente por la humedad. Para experimentar si tenia lugar el mismo resultado en sentido inverso, saqué del agua hirviendo el termómetro rodeado de *ayre húmedo*: le metí en el agua al temple del hielo; y mudándolo continuamente de sitio en ella, observé los tiempos del enfriamiento notados en la tabla siguiente.

N. B. Para comparar el resultado de este experimento con el de los hechos con *ayre seco*, he puesto á un lado el resultado del experimento de que se trata, y al otro el experimento núm. 19, hecho con el termómetro núm. 2.

Exp. núm. 19.			Exp. núm. 10.		
Termómetro núm. 4.			Termómetro núm. 4.		
Rodeado de ayre húmedo.			Rodeado de ayre seco.		
Sacado del agua hirviendo, y metido en agua al temple del hielo.			Sacado del agua hirviendo, y metido en agua al temple del hielo.		
Tiempo corrido.		Calor perdido.	Tiempo corrido.		Calor perdido.
min.	seg.	80°	min.	seg.	80°
0	4	70	0	33	70
0	14	60		34	60
	31	50		44	50
	52	40		58	40
1	22	30	1	18	30
2	3	20	1	57	20
4	2	10	3	40	10
12	8, tiempo total del enfriamiento de 80° á 10°.		9	12, tiempo total del enfriamiento de 80° á 10°.	

Aunque la diferencia de tiempos del enfriamiento de 80 á 10 grados, en estos dos experimentos, parezca ser muy poco considerable la que hay entre los 20 ó 30 primeros grados desde el punto del hervor; es sin embargo notable, y manifiesta con quanta mas facilidad pasa el calor por el ayre húmedo que por el seco. La misma lentitud con que el mercurio baxa en

el termómetro núm. 4 en este experimento, de 30 á 20^e, y de 20^e á 10^e grados, puede en cierto respecto atribuirse á la gran potencia del ayre húmedo de que está rodeado; porque no estando el cilindro que contiene el termómetro y al ayre húmedo totalmente sumergido en el agua al temple del hielo, la parte de este instrumento que queda fuera de ella está necesariamente rodeada de ayre atmosférico, que siendo mucho mas caliente que el agua, comunicaba su calor al vidrio; y pasando este calor desde allí al ayre húmedo contenido en el cilindro, desde que este ayre llegaba á enfriarse mas que el exterior se comunicaba por este medio á la bola del termómetro, lo que impedía que se enfriase tan prontamente como hubiera sucedido sin esta circunstancia. Pero luego que el tiempo esté frio repetiré el mismo experimento, de suerte que no quede duda sobre este hecho.

No puedo dexar de observar al mismo tiempo con quanta sabiduría y bondad infinita parece habernos preservado la Providencia de los efectos perniciosos del frio extremado y del calor excesivo en la atmósfera; porque si fuese posible que el ayre estuviese tan húmedo y espeso durante el invierno, como lo está algunas veces en el verano, su potencia conductora, y por consiguiente su frio, quando se aplica á nuestros cuerpos, se aumentaria de tal modo por este grado de humedad, que seria casi imposible sufrirlo; pero por felicidad nuestra, á medida que se aumenta su frescura, se disminuye la facultad que tiene de mantener el agua en solucion, y al mismo tiempo su propiedad de privar nuestros cuerpos de su calor animal. Ninguno habrá dexado de notar quan desagradable es un grado

de frío muy moderado quando el ayre está húmedo, de donde parece que el termómetro no mide siempre con exáctitud el calor sensible ó aparente de la atmósfera. Si los catarros y los reumas provienen de que nuestros cuerpos estan privados de su calor animal, no es de admirar que reynen estas enfermedades mas comunmente durante las lluvias del otoño ó en el tiempo benigno de la primavera. Esta misma razon da á conocer el peligro de acostarse en camas y sábanas mal secas, y de habitar casas húmedas. ¿Y por qué razon el ayre de la noche, tan perjudicial en el verano y en el otoño, no lo es tanto ni con mucho en las heladas fuertes? Los sabios Físicos y los Médicos han tratado de explicar cómo el grado, ó mas bien la cantidad extraordinaria de calor que se supone perder un cuerpo animal expuesto al frío á mas del que comunica á la atmosfera en los dias de verano, ha podido producirse. Pero no es mas que probable que la diferencia de las cantidades de calor realmente perdidas ó comunicadas es infinitamente menor que lo que ellos han imaginado? Estas investigaciones son ciertamente muy interesantes; y merecian ser el objeto de experimentos bien meditados y bien dirigidos. Pero abandonando por ahora un punto tan curioso, vuelvo á la continuacion de mis experimentos.

Habiendo hallado una diferencia tan grande en las potencias conductoras del ayre comun y del vacío de Torricelli, deseaba conocer las potencias conductoras de este ayre en diferentes grados de densidad. Preparé para este experimento el termómetro núm. 4, cerrando uno de los tubos pequeños de vidrio que atravesaban el tapon, y daban entrada en el cilindro, y aco-

modando un tapon movable á la abertura exterior del otro tubo. Dispuesto de este modo el instrumento , y habiéndolo colocado dentro del recipiente de la máquina pneumática , salió el ayre libremente fuera del globo y del cilindro á manera de bombas ; pero el tapon referido impidió su entrada quando se dexó entrar el ayre en el recipiente. El *index* de la máquina pneumática señalaba hasta qué grado se habia rarificado el ayre dentro del recipiente , y de consiguiente el grado de densidad del que llenaba el globo y el cilindro , y que rodeaba el termómetro.

Estando el tiempo bueno y claro , el mercurio en el barómetro á 27 pulgadas y 9 líneas , el termómetro á 15 grados , y el higrómetro á 47 grados , hice los experimentos siguientes con este instrumento.

Exp. núm. 20.			Exp. núm. 21.			Exp. núm. 22.		
<i>Termóm. núm. 4.</i>			<i>Termóm. núm. 4.</i>			<i>Termóm. núm. 4.</i>		
Rodeado de aire ordinario, el barómetro á 32 pulgadas y 2,5 líneas.			Rodeado de aire rarificado por la campana pneumática, hasta que el <i>index</i> señaló 6 pulgadas y 1,18 línea.			Rodeado de aire rarificado del mismo modo, hasta que el <i>index</i> de la campana estuvo á 1 pulgada y 4,2 líneas.		
Sacado del agua al temple del hielo, y metido en la caliente.			Sacado del agua al temple del hielo, y metido en la caliente.			Sacado del agua al temple del hielo, y metido en la caliente.		
Tiempo corrido.		Calor adquirido.	Tiempo corrido.		Calor adquirido.	Tiempo corrido.		Calor adquirido.
<i>min.</i>	<i>seg.</i>	°	<i>min.</i>	<i>seg.</i>	°	<i>min.</i>	<i>seg.</i>	°
0	31	10	0	31	10	0	29	10
	40	20		38	20		36	20
	41	30		44	30		49	30
	47	40		51	40	I	I	40
I	4	50	I	7	50	I	I	50
I	25	60	I	19	60	I	24	60
2	28	70	2	27	70	2	31	70
10	17	80	10	21	80	pas. obser.		80
7 36, tiempo empleado para calentar de 0° á 70°.			7 37, tiempo empleado para calentar de 0° á 70°.			7 51", tiempo empleado para calentar de 0° á 70°.		

Confieso que el resultado de estos experimentos me sorprendió infinito; pero siendo el único objeto de mis investigaciones el descubrimiento de la verdad (no teniendo por otra parte ningun sistema que defender), no me incomoda que ella se presente baxo qualquier aspecto. Espero que otros experimentos nuevos

podrán contribuir al descubrimiento de la causa de la poca diferencia que hay entre las potencias conductoras del ayre poco mas ó menos rarificado , mientras hay una tan grande entre las potencias conductoras del ayre y del vacío de Torricelli. No quiero aventurar ahora sobre este objeto ningunas conjeturas ; pero me atrevo á asegurar que pueden remitirse en esto á la exâctitud de los experimentos que he hecho.

Habiendo concluido el tiempo de mi detencion en Manhein (en donde habia tenido el honor de acompañar á su Alteza Bávaro-Palatina), no pude continuar mis investigaciones ; pero las renovaré luego que se presente la ocasion , y en consecuencia he hecho preparar nuevos instrumentos , y un aparato tambien nuevo. Habiendo mandado al mismo tiempo su Alteza Electoral á Mr. *Artaria* que me ayudase en el curso de mis experimentos , no dudo que con una proteccion tan brillante como la de mi Soberano , y un auxilio como el de Mr. *Artaria* , mis trabajos tendrán un éxito feliz.

Voy á referir algunos experimentos que he hecho para determinar las potencias conductoras del agua y del mercurio , presentando á mas una tabla que comprenderá baxo un mismo punto de vista las potencias conductoras de los diferentes fluidos que he experimentado.

Habiendo llenado el globo de vidrio , que encerraba la bola del termómetro núm. 4 , primeramente con agua , despues con mercurio , hice los experimentos siguientes para determinar las potencias conductoras de estos dos fluidos.

Exp. núm. 23.
 Termómetro núm. 4.
 Rodeado de agua.
 Sacado del agua al temple del hielo, y metido en agua hirviendo.

Tiempo corrido.		Calor adquirido.
min.	seg.	°
0	19	10°
	8	20
	9	30
	11	40
	15	50
	21	60
	34	70
2	13	80

1 57, tiempo necesario para calentar de 0° á 70°.

Exp. núm. 24, 25 y 26.
 Termómetro núm. 4.
 Rodeado de mercurio.
 Sacado del agua al temple del hielo, y metido en agua hirviendo.

Tiempo corrido.		Término medio.	Calor adquirido.
Exper. n. 24.	Exper. n. 25.		
m. seg.	m. seg.	m. seg.	°
0 5	0 5	0 5	10°
4	2	5	20
2	2	4	30
4	5	5	40
4	4	7	50
7	4	8	60
15	9	14	70
no obs.	0 58	no obs.	80

0 48 0 31 0 59, la totalidad de los tiempos necesarios para calentar de 0° á 70°.

La totalidad de los tiempos necesarios para calentar el instrumento desde 0° á 70° quando estaba rodeado de mercurio en los tres experimentos anteriores siendo de 41, 31 y 48 segundos, el término medio de estos tiempos era 36 segundos $\frac{2}{3}$; y como en el experimento hecho en el agua el tiempo empleado para adquirir el mismo grado de calor era 1 minuto 57 segundos = 117 segundos, parece, segun estos experimentos, que la potencia conductora del mercurio es á la del agua

(baxo las circunstancias ya referidas) inversamente como $36\frac{2}{3}$ á 117, ó como 1000 á 313; lo qual indica la razon por que el mercurio parece mucho mas caliente ó mucho mas frio al tacto que el agua, quando en realidad está al mismo temperamento; y es que la fuerza ó la violencia de la sensacion del *calor* ó del *frio* no depende enteramente del temperamento del cuerpo que excita estas sensaciones, ó del grado de calor pue realmente posee, sino de la *quantidad* de calor que es capaz de comunicarnos, ó que puede recibir por el mismo medio en un corto espacio de tiempo, ó en otros términos, de la intensidad de la comunicacion, la qual depende en gran parte de las potencias conductoras de que se trata.

La sensacion del *calor* resulta de la entrada de este en nuestros cuerpos; la del *frio* por su salida; y todo lo que contribuye á facilitar ó á acelerar esta comunicacion aumenta la intensidad de esta sensacion; lo que tambien manifiesta que el termómetro no puede ser una medida exácta del calor ó del *frio sensible* que existe en los cuerpos; ó mas bien que el sentido del tacto no nos indica precisamente sus temperamentos verdaderos.

Tabla de las *potencias conductoras* de los diferentes *fluidos* mencionados anteriormente, segun el resultado de los experimentos precedentes.

Termómetro núm. 1.
Termómetro núm. 4.
Sacado del agua al temple del hielo, y metido en agua hirviendo.

Vacío de Torricelli. Exp. núm. 3, 4 y 13.		Ayre ordinario, densidad I. Exp. núm. 20.		Ayre rarefado, densidad $\frac{1}{4}$. Exp. núm. 21.		Ayre rarefado, densidad $\frac{1}{24}$. Exp. núm. 22.		Ayre húmedo. Exp. núm. 78.		Agua. Exp. núm. 23.		Mercurio. Exp. núm. 24, 25 y 26.		Calor adquirido.
min.	seg.	min.	seg.	min.	seg.	min.	seg.	min.	seg.	min.	seg.	min.	seg.	
0	52	0	31	0	31	0	29	0	6	0	19	0	5	10
1	58		40		38		36		4		8		3	20
1	3		41		44		49		5		9		2	30
1	18		47		51	1	1		9	1	11		4	40
1	25	1	4	1	7	1	1		18	1	15		5	50
1	58	1	25	1	19	2	24		26	2	21		6	60
3	19	2	28	2	27	2	31		43	2	34		12	70
11	57	10	17	10	21			7	45		13		18	80
10	53	7	36	7	37	7	51	1	51	1	57	0	36	

Tiempo necesario para calentar desde 0° á 70°.

Al determinar las potencias conductoras relativas de estos diferentes medios he comparado los tiempos necesarios para calentar el termómetro desde 0° á 70° , en vez de tomar la totalidad de los tiempos desde 0° á 80° , á causa de la pequeña diferencia ocasionada en el calor del agua hirviendo por la variacion del peso de la atmósfera, causado por la lentitud del movimiento del mercurio desde el grado 70 al de 80, y de la dificultad que resulta de él para determinar el momento preciso en que el mercurio llega al grado 80.

Suponiendo que la potencia conductora del mercurio es = 1000, las potencias conductoras de los otros medios determinadas por los experimentos ya mencionados serán como siguen.

Mercurio.....1000—

Ayre húmedo..... 330—

Agua..... 313—

Ayre ordinario, densidad 1 $80 \frac{41}{100}$

Ayre rarificado, densidad $\frac{7}{4}$ $80 \frac{23}{100}$

Ayre rarificado, densidad $\frac{1}{24}$ 78—

Vacío de Torricelli..... 55—

Segun estas proporciones es como pueden calcularse las cantidades de calor que estos diversos medios pueden transmitir en un tiempo señalado. De consiguiente estos números expresan los temperamentos relativos *sensibles* de estos diversos medios, como tambien sus potencias conductoras. El experimento solo

puede determinar si los mismos resultados tendrán lugar en otras circunstancias. Este verdaderamente es un objeto de investigaciones, no menos curioso en sí mismo, que interesante para el bien de la sociedad. Deseo que mis experimentos puedan empeñar á otras personas en pasar mas adelante en una carrera tan despreciada. Por lo que á mí toca estoy resuelto á continuarlos.

En el curso de los trabajos que emprenderé en lo sucesivo no me limitaré á determinar las potencias conductoras de los fluidos; por el contrario, los cuerpos sólidos, y particularmente los cuerpos empleados como vestidos, serán el objeto de mis investigaciones. Estas han principiado ya; pero no debo anticiparme sobre los resultados que me propongo comunicar en seguida.

MEMORIA SEGUNDA.

Relacion del calor de diversas substancias de que se hace uso para los vestidos artificiales, determinadas por el experimento. Relacion del calor de muchas cubiertas del mismo grueso, y hechas de la misma substancia, pero de densidades diferentes. Calor relativo de cubiertas formadas de cantidades iguales de la misma substancia, pero dispuestas de modo diferente. Experimentos executados para determinar hasta donde puede depender la propiedad que poseen diversos cuerpos de confinar el calor: de sus qualidades químicas. Experimentos con carbon de leña, con hollin y con cenizas de leña. Experimento admirable con el polvo de marrubio. Todos estos experimentos indican que el ay-

re que ocupa los intersticios de las substancias empleadas para hacer cubiertas propias para confinar el calor tiene una parte esencial en esta operacion. Parece que estas substancias impiden al ayre transmitir el calor. Exámen sobre el modo con que se executa esto. Este exámen conduce á un experimento decisivo, que prueba que el ayre es un perfecto no-conductor del calor. Este descubrimiento facilita medios para explicar un número de fenómenos interesantes en el orden de la naturaleza. (Leida en la Sociedad Real el 19 de Enero de 1792.)

EXPERIMENTOS SOBRE EL CALOR POR EL CONDE
DE RUMFORD.

*Extracto de las Transacciones filosóficas año
de 1792.*

Anuncié en la Memoria anterior que daria cuenta de las tentativas que podria hacer para profundizar diversas quëstiones sobre el calor: este objeto interesante en que voy á ocuparme merecerá, como espero, la atencion de los sabios.

El modo de conservar y de dirigir el calor son objetos de una importancia tan grande en la economía animal, que he creido deber limitar mis investigaciones á estos dos puntos. Los descubrimientos que pueda hacer proporcionarán, en mi juicio, algunas ventajas á la sociedad; y esto es lo que me ha empeñado mas que otra ninguna cosa en continuar mis trabajos sobre este objeto.

Si las leyes de la comunicacion del calor de un

cuerpo á otro fuesen conocidas, podrian en todos casos tomarse con certeza medidas para confinarlo y dirigir sus operaciones; y no solo se lograria en esto una economía grande sobre todas las materias empleadas en los vestidos y en alimentar el fuego, sino que tambien se aumentarían al mismo tiempo los placeres y las comodidades de la vida: objeto que jamas debería perder de vista un filósofo.

La ruta que he seguido en estas investigaciones es la que me ha parecido mas conveniente para llegar á los descubrimientos útiles. Sin adherirme á ninguna teoría particular, me he formado un plan de investigaciones experimentales, que juzgo me conducirán al conocimiento de ciertos hechos, que ignoramos realmente, ó de los que no tenemos mas que luces imperfectas, sin embargo de ser verdaderamente importantes.

Uno de los principales objetos de mis investigaciones era determinar, si es posible, la causa del calor de ciertos cuerpos, ó de conocer las circunstancias de que depende su facultad para retener el calor; lo qual en otros términos, no es otra cosa que determinar la causa de la potencia conductora ó no-conductora de los cuerpos.

Para lograrlo principié á determinar por los experimentos las potencias conductoras relativas de muchos cuerpos de diferentes especies, fluidos y sólidos, de lo qual he dado ya cuenta en la Memoria anterior. Vuelvo pues á tomar esta materia en donde la dexé, y á continuar la serie de mis investigaciones.

Habia descubierto que el vacío de Torricelli es un conductor de calor mas malo que el ayre ordinario; y habia determinado las potencias conductoras

del ayre , del agua y del mercurio baxo diferentes circunstancias : procedí al exámen de las potencias conductoras de los diversos cuerpos sólidos , y particularmente de las substancias que se emplean para vestirse.

Ved aquí como procedí en estos experimentos.

Habia suspendido un termómetro para mercurio (1), cuyo globo tenia 7,5 de pulgada de diámetro, y el tubo 11 pulgadas y 7,6 líneas de largo en el exe de un tubo de vidrio cilíndrico de casi 10,4 de pulgada de diámetro , terminado por un globo de una pulgada, 9,9 líneas de diámetro , de modo que el centro de la bola del termómetro ocupaba el medio del globo ; y estando lleno de la substancia cuya potencia conductora debia determinarse el espacio entre la superficie interior del globo y la de la bola del termómetro , se calentó el instrumento metiéndole en agua hirviendo ; y quando ya habia adquirido en este baño un cierto temperamento , se le metió en una mezcla de hielo machacado y de agua al temple del hielo , observando y señalando los tiempos del enfriamiento.

El tubo del termómetro estaba dividido á cada 10 grados desde 0° ó el punto de congelacion hasta 80° ó el del agua hirviendo : estas divisiones estaban señaladas sobre el tubo con la punta de un diamante , y estando vacío el tubo cilíndrico exterior, podia verse por medio de este tubo la altura del mercurio en el del termómetro.

Este instrumento estaba fixo en su sitio por medio de un tapon de corcho de casi 6,9 líneas de largo , acomodado al orificio del tubo cilíndrico ; y la

(1) Véase la descripcion de este instrumento en la Memoria anterior fig. 4.

extremidad del tubo del termómetro pasaba por medio del centro de este tapon, en donde estaba asegurado.

Voy ahora á explicar el modo cómo se introducian en el globo las substancias cuyas potencias conductoras debian determinarse. Sacado el termómetro del tubo cilíndrico, se introducian en el globo casi los dos tercios de la substancia sobre la qual debia executarse el experimento; se colocaba despues el resto de ella al rededor del termómetro; y finalmente introducido el instrumento bastante en el tubo, y puesto en su sitio, la parte de la substancia que se habia introducido últimamente en el tubo cilíndrico sobre la bola del termómetro habia sido arrojada al fondo del globo, y dispuesta igualmente al rededor de la bola del termómetro por medio de un alambre que para este efecto pasaba por todos los agujeros hechos en el tapon que cerraba la extremidad del tubo cilíndrico.

Como este instrumento no se habia construido sino con el fin de medir el paso del calor en la substancia cuya potencia conductora se examinaba, le llamaré *termómetro de paso*; y designaré con el mismo nombre todos los demas instrumentos hechos segun los mismos principios, y destinados para los mismos usos, de los quales habrá ocasion de hablar en adelante.

Habiendo hecho ya una descripcion particular de este instrumento así en esta Memoria como en la anterior, quando hable en lo sucesivo de alguno de los instrumentos de este género, no entraré en detalles tan prolixos: indicaré solamente su tamaño, el diámetro de sus bolas respectivas, el de sus cilindros, la extension de las divisiones de los tubos, persuadido á que bastarán estos datos.

En la mayor parte de mis anteriores experimentos para determinar la potencia conductora de qualquiera cuerpo, estando introducido el cuerpo en el globo del termómetro de paso, estaba el instrumento enfriado al temperamento del agua al temple del hielo. Sacándolo despues de esta, se le metia de pronto en el agua hirviendo; y se observaban los tiempos necesarios para calentar el instrumento de 10 en 10 grados: se cuidaba de poner la señal; y he observado ya que estos tiempos estaban en razon inversa de las potencias conductoras de los cuerpos. Pero en los experimentos que referiré he hecho la operacion en sentido inverso; esto es, que en vez de observar los tiempos necesarios para calentar los cuerpos, he calentado desde luego el aparato en el agua hirviendo, y metiéndolo despues en una mezcla de hielo machacado y de agua al temple del hielo, observé los tiempos del enfriamiento.

He preferido este último método al primero, no solo porque es mucho mas fácil de observar las variaciones del termómetro metido en una mezcla de agua y de hielo que quando está puesto en un vaso lleno de agua hirviendo, y rodeado de vapores que salen de él; sino tambien por razon de la mayor precision de que es susceptible el experimento, variando el calor del agua hirviendo en razon de las diferentes presiones de la atmósfera: de consiguiente los experimentos hechos en diferentes épocas tendrán resultados diferentes, y no podrán en rigor compararse entre sí; pero el temperamento del hielo machacado mezclado con el agua, siendo siempre el mismo, el resultado de los experimentos debe ser uniforme.

Calentando el termómetro, por lo general, no lo

he puesto en el temperamento del agua hirviendo, porque, como he observado, es variable; sino que quando el mercurio habia llegado á los 75 grados de la escala, lo saqué inmediatamente del agua hirviendo, y le metí en la mezcla de agua y hielo; ó con mas propiedad, dexé que el mercurio se elevase uno ó dos grados sobre el 75 grado, y sacándolo entonces del agua hirviendo, lo tuve sobre el vaso en que estaba el hielo machacado y el agua, preparado para meterlo en esta mezcla en el momento en que el mercurio, bajando, hubiese excedido de los 75 grados.

Tenia á mi lado un relox que señalaba los medios segundos (los que cuidaba de contar); y observé el tiempo del paso del mercurio á cada division del termómetro desde 70 grados de 10 en 10 hasta el grado 10 de la escala. No continué el enfriamiento hasta 0º, ó hasta el temperamento del hielo al derretirse sino en pocas circunstancias, porque esta operacion consume mucho tiempo, y no tiene ninguna ventaja particular. La determinacion de los tiempos del enfriamiento sobre una extension de 60 grados de la escala de Reaumur, de 70 á 10 grados, era muy suficiente para determinar de un modo claro la potencia conductora de qualquier cuerpo.

Durante el tiempo del enfriamiento en el agua mezclada con hielo se mudaba constantemente el sitio del termómetro de un lugar á otro, y habia siempre bastante hielo machacado mezclado con agua, para que aquel cubriese la superficie de esta; estando desde luego lleno de hielo machacado el vaso de tierra que la contenia, sobre la qual se vertia despues agua, añadiéndole de tiempo en tiempo nuevas cantidades de hielo machacado.

Hecha la descripcion del aparato empleado en estos experimentos , y el modo de proceder á ellos , voy á referir los mismos experimentos.

Mi primera tentativa fue tratar de descubrir las potencias conductoras relativas de las substancias que se emplean ordinariamente en los vestidos. Me proveí de consiguiente de una cierta cantidad de *seda cruda* (tal como está trabajada por los gusanos de *lana* , de *borra* , de *algodon* , de *lienzo* hecho hilas finísimas , sacadas del mejor de Irlanda , de la parte mas fina y del pelo mas largo de las *pieles de castor* separado del pellejo ; del *pelo mas fino de una liebre de Rusia* , y de *pelusa* , introduxe sucesivamente el peso de 16 granos de estas substancias en el globo del *termómetro de paso* , y despues de haberlas dispuesto con igualdad y cuidado al rededor del globo del termómetro , calenté el aparato en agua hirviendo , como he indicado anteriormente , y metiéndolo en el hielo machacado mezclado con agua observé los tiempos del enfriamiento.

Pero como los intersticios de estos cuerpos colocados de este modo en el globo estaban llenos de ayre , hice desde luego el experimento con ayre solo , y tomé el resultado de él como término de comparacion para todos los demas : el de estos tres experimentos ha sido como se sigue.

Globo del termómetro rodeado de ayre.

Calor perdido.	Exp n. 1. Tiempo corrido.	Exp. n. 2. Tiempo corrido.	Calor adquirido.	Exp. n. 3. Tiempo corrido.
70°	"	"	10°	"
60	38"	38"	20	39
50	46	46	30	43
40	59	59	40	53
30	80	79	50	67
20	122	122	60	96
10	231	230	70	175
Totali- dad de tiempo.	576'	574"		473"

La tabla siguiente indica el resultado de los experimentos hechos con las diversas substancias que se han mencionado.

Calor perdido.	Ayre.	Seda cruda 16 granos.	Lana ordinaria 16 granos.	Borra de cotton 16 granos.	Hilas muy finas 16 granos.	Felo de castor 16 granos.	Pelo de liebre 16 granos.	Pelusa 16 granos.
	Exp. n. 1.	Exp. n. 4.	Exp. n. 5.	Exp. n. 6.	Exp. n. 7.	Exp. n. 8.	Exp. n. 9.	Exp. n. 10.
70°	"	"	"	"	"	"	"	"
60	38"	94"	79"	83"	80"	99"	67"	98"
50	46	110	95	95	93	116	117	116
40	59	133	118	117	115	153	144	146
30	80	185	162	152	150	185	193	192
20	122	273	238	221	218	265	270	268
10	131	489	426	378	376	478	494	485
Total- dad de tiempo.	576"	1284"	1118"	1046"	1032"	1296"	1315"	1305"

Siendo el calor de un cuerpo ó su facultad de confinar el calor como su potencia de resistir al paso del fuego, y el tiempo gastado por un cuerpo para enfriarse quando está rodeado de algun medio, por el qual se obliga que pase el calor, como la resistencia que opone el mismo medio al paso del calor, parece que el *calor* de los cuerpos designados en la tabla anterior es relativo á los tiempos del enfriamiento, estando las potencias conductoras en razon inversa de estos tiempos, como he indicado antes.

Parece, segun el resultado de los experimentos anteriores, que entre las diferentes substancias que se han empleado, el pelo de liebre ha sido la mas caliente; despues el de castor, la seda cruda, la lana de cordero, el algodón, y últimamente las hilas de lino muy fino. Pero confieso que la diferencia en el calor de estas substancias es mucho menos considerable que lo que yo habia creído.

Sospechaba que esto podia provenir de que los volúmenes ó el tamaño sólido de estas substancias era diferente, aunque su peso fuese el mismo, á causa de la diferencia de sus gravedades específicas; y como no era fácil determinar con precision estas gravedades específicas para conocer hasta donde una diferencia conocida en el volúmen, ó en la calidad de la misma substancia, siempre confinada en el mismo espacio, aumentaria ó disminuiria la duracion en el tiempo del enfriamiento de esta cubierta, hice los tres experimentos siguientes.

En el primero el globo del termómetro estaba rodeado de 16 granos de pelusa: en el segundo de 32 granos, y en el tercero de 64, y en estos tres

experimentos ocupaba la substancia exáctamente el mismo espacio , á saber , la totalidad de la capacidad interior del globo de vidrio; en cuyo centro estaba colocada la bola del termómetro; de consiguiente el grueso de la cubierta era el mismo al rededor del termómetro mientras que variaba la densidad en las proporción de los números 1 , 2 y 4.

El resultado de estos experimentos ha sido el siguiente.

Globo del termómetro rodeado de pelusa.

Calor perdido.	16 granos. Exp. n. 11.	16 granos. Exp. n. 12.	16 granos. Exp. n. 13.
70°	"	"	"
60	97"	111"	112"
50	117	128	130
40	145	157	165
30	192	207	224
20	267	304	326
10	486	565	658
Totalidad de tiempos.	1304"	1472"	1615"

Sin detenerme ahora en deducir consecuencias del resultado de estos experimentos , continuaré refiriendo otros muchos ensayos que desenvuelven mas particularmente la naturaleza de algunas circunstancias de las quales depende el calor de una cubierta.

Habiendo hallado por el resultado de los últimos experimentos que la densidad de la cubierta aumentaba mucho su calor , siendo su grueso mismo , procuraré averiguar hasta qué punto contribuía su disposición

particular á que el calor pudiese penetrarla con mas ó menos facilidad, siendo el mismo su grueso y la misma la cantidad de materia. Por disposicion particular entendiendo el órden de las partes de la substancia que forman la cubierta; así pueden ser extremamente divididas ó muy finas, como la seda hilada por los gusanos; y pueden dividirse igualmente en el espacio que ocupan; ó pueden formar un texido mas grosero en masas mas grandes, que dexen intersticios mayores, como las hebras de paño ó de hilo.

Si el calor pudiese pasar por medio de las substancias de que se hace la cubierta, y si el calor de estas dependiese únicamente de la dificultad que el calor encuentra en su paso por medio de las substancias ó partes sólidas de que se compone, en este caso el calor de la cubierta estaria siempre (siendo todas las cosas iguales) en proporcion de la cantidad de materia de que está hecha; pero el experimento siguiente, como el anterior, indican que no es así.

Habiendo determinado en el experimento núm. 4 el calor de 16 granos de seda cruda, repetí el mismo experimento con la misma cantidad ó peso igual de hilachas de tafetan blanco; y despues con la misma cantidad de seda de coser cortada en hebras de 2 pulgadas y 3,9 líneas de largo.

La tabla siguiente indica el resultado de estos tres experimentos.

Calor perdido.	Seda cruda 16 grados.	Hilachas de tafetan 16 granos.	Seda para coser corta- da en he- bras. 16 granos.
	Exper. 4.	Exper. 14.	Exper. 15.
70°	"	"	"
60	94"	90"	67"
50	110	106	79
40	133	128	99
30	185	172	135
20	273	246	195
10	489	427	342
Totali- dad de tiempos.	1284"	1169"	917"

Se observará que aunque las cantidades de seda fue-
sen las mismas en los tres experimentos, y aunque en
cada una de ellas ocupasen el mismo espacio, sin em-
bargo el calor de las cubiertas que formaban era muy
diferente; lo qual puede atribuirse á la diferencia de
la disposicion y fabricacion de la materia primera.

La seda cruda era muy fina, y distribuida con mu-
cha igualdad en el espacio que ocupaba, y formaba
una cubierta de abrigo.

Las hilachas de tafetan eran tambien muy finas, pe-
ro no tanto como la seda cruda, y por consiguiente
los intersticios entre estos hilos eran mayores, y la cu-
bierta de menos abrigo; pero las hebras de seda de
coser eran menos finas, y distribuidas desigualmente
en el espacio en que estaban confinadas; de consi-
guiente formaban una cubierta muy mala para confinar
el calor.

Es evidente, por el resultado de los cinco experimentos últimos, que el ayre que ocupa el intersticio de los cuerpos empleados para cubierta tiene una parte muy importante en la operacion de confinar el calor; sin embargo, diferiré el exámen de esta circunstancia hasta que haya propuesto otros experimentos que darán aun muchas mas luces sobre este punto.

Pero antes de pasar adelante voy á describir el resultado de tres experimentos que he hecho; ó mas bien de uno que he repetido tres veces en un mismo dia, para ver hasta donde pueden considerarse como decisivos los experimentos hechos segun el método propuesto, á causa de la uniformidad de su resultados.

Habiendo llenado el globo del *termómetro de paso* lleno con 16 granos de borra de algodón, se calentó y enfrió el instrumento tres veces; y se observáron los tiempos del enfriamiento del modo siguiente.

Calor perdido.	Exper. 16.	Exper. 17.	Exper. 18.
70°	"	"	"
60	82"	84"	83"
50	96	95	95
40	118	117	116
30	152	153	151
20	221	221	220
10	380	377	377
Totali- dad de tiempos.	1049"	1047"	1042"

La diferencia de tiempos en el enfriamiento en estos tres experimentos era muy poco considerable; pero aunque los resultados de ellos parecían ser muy regulares, no lo eran mas que los otros hechos del mismo modo, de los cuales la mayor parte se repitieron dos ó tres veces, aunque no he manifestado su resultado mas que una vez, por abreviar esta Memoria.

Pero para continuar la relacion de mis investigaciones respectivamente á la causa del calor de los vestidos de abrigo; habiendo visto que la delicadeza, y la distribucion igual de un cuerpo ó de una substancia empleada para formar una cubierta propia para retener el calor, contribuía tanto al calor de ella, deseaba en segundo lugar exâminar el efecto de la condensacion de la cubierta, siendo la misma la cantidad de materia, pero estando disminuido su grueso en razon de su densidad.

Para determinar esta influencia hice el experimento siguiente.

Tomé 16 granos de seda de coser , ni muy delgada ni muy gorda , y rodeándola al globo del termómetro de modo que lo cubriese enteramente , y guardando igualmente su grueso en lo posible , volví á poner el termómetro en su cubierta de vidrio , calentándolo despues en agua hirviendo , y enfriándolo en el hielo machacado mezclado con agua , como en el experimento anterior.

Los resultados del experimento estan indicados en la tabla siguiente ; y para que se puedan comparar con los de los experimentos hechos con la seda dispuesta ó trabajada de diferente modo , los he reunido en ella misma.

Calor perdido.	Seda cruda 16 granos.	Hilacha de tafetán.	Seda para coser certa- da en he- bras 16 granos.	Seda hilada co- locada al rede- dor de la bola del termómetro 16 grados.
	Exp. n. 4	Exp. n. 14.	Exp. n. 15.	Exp. n. 16.
70°	"	"	"	"
60	94"	90"	67"	46"
50	110	106	79	62
40	133	128	99	85
30	185	172	135	121
20	273	246	195	191
10	489	427	342	399
Totali- dad de tiempos.	1284"	1169"	917"	904"

Es bien notable que aunque la cubierta de seda hilada que envuelve al globo del termómetro en el experimento núm. 19 pareciese tener tan poco poder para retener el calor quando el instrumento estaba muy caliente, ó quando estaba metido en el hielo mezclado con agua, sin embargo al acercarse el calor del termómetro al del medio que le rodeaba, la potencia de la cubierta para retener el calor que quedaba en la bola del termómetro, parecia mucho mayor que la de la seda en el experimento núm. 15. Siendo el tiempo del enfriamiento (desde 20° á 10°) en el uno de 399", y en el otro de 342". En los experimentos siguientes se observará el mismo resultado, en los cuales el globo del termómetro se envolvió en lana fina, algodón, hilas, hilo de cáñamo ó de lino, del mismo modo que se hizo con la seda hilada en el último experimento.

La tabla siguiente manifiesta el resultado de estos experimentos hechos con diferentes materias hiladas ; y para que puedan cotejarse con mas facilidad los resultados de los experimentos hechos con una misma , he colocado unos al lado de otros. Solamente he añadido el resultado de un experimento en que se han empleado 16 granos de lienzo muy fino para envolver la bola del termómetro : este lienzo , que daba nueve vueltas á su alrededor , estaba unido por la parte superior y la inferior de la bola , de suerte que la cubria perfectamente.

Calor perdido.	Lana ordi- naria que rodea el glo- bo del ter- cer mé- tro.	Lana hila- da que ro- dea el mis- mo.	Borra de al- godón. 16 granos.	Algodón hi- lado que ro- dea el mis- mo globo. 16 granos.	Hilas em- pleadas en lo mismo. 16 granos.	Hilo muy fino. 16 granos.	Lienzo fino que rodea el globo del tercer mé- tro. 16 granos.
	Exper. 5.	Exper. 20.	Exper. 6.	Exper. 21.	Exper. 7.	Exper. 22.	Exper. 23.
70°	"	"	"	"	"	"	"
60	79"	46"	83"	45"	80"	46"	42"
50	57	63	95	60	93	62	56
40	118	89	117	83	115	83	74
30	162	126	152	115	150	117	108
20	238	200	221	179	218	180	168
10	426	410	378	370	376	385	338
Totali- dad de tiempos.	1118"	934"	1046"	852"	1032"	873"	783"

Segun las ideas que habia concebido de las causas del calor de las cubiertas, me parecia natural que qualquiera substancia hilada, rodeando la bola del termómetro, formaria una cubierta de menos abrigo que la lana natural, ó qualquiera otra materia primera que rodease con menos fuerza la bola del termómetro, y que de consiguiente ocupase un espacio mucho mayor; pero confieso que quedé sorprendido al encontrar una diferencia tan grande entre el calor relativo de estas dos cubiertas, quando se destinan para mantener grados mas elevados de temperamento, ó quando el calor que retiene se separa del temperamento del medio que la rodea. Esta diferencia era muy notable en los experimentos hechos con lana cruda y lana hilada; el calor de la cubierta formada por 16 granos de la primera estaba al de 16 granos de la segunda, quando la bola del termómetro estaba á 70 granos, y enfriada á 60 grados como 79 á 46 (estando el medio á 0°); pero despues quando el termómetro habia baxado desde 20 á 10 grados en su calor, el de la lana cruda estaba al de la hilada como 426 á 410; y en los experimentos hechos con hilas é hilo, quando el calor se habia disminuido considerablemente, la cubierta formada de hilo parecia aun mas caliente que la de las hilas, aunque al principio del experimento, quando el calor era mucho mayor, las hilas estuviéron mucho mas calientes que el hilo en la proporcion de 80 á 46.

Segun estos datos, parece que una cubierta puede en ciertas circunstancias ser mas conveniente para conservar los primeros grados de calor, y muy poco acomodada para retener un calor mas considerable; y al contrario, creo que este hecho parecerá nuevo, y juz-

go que puede conducir para descubrimientos ulteriores sobre las causas del calor de las cubiertas y de los vestidos , ó sobre el modo con que el calor se facilita el paso por ellos. Pero no me extenderé mas sobre este punto hasta haber referido otros diversos experimentos, que pienso darán mayor ilustracion.

Para determinar hasta donde la potencia que parece tener ciertos cuerpos para retener el calor quando se emplean en cubiertas , depende de la naturaleza de estos mismos cuerpos considerados como substancias químicas , ó como principios químicos , de que parece se componen , he hecho los experimentos siguientes.

Como se supone que el carbon de leña se compone enteramente de flogístico , creo que si este principio fuese la causa de la potencia conductora ó no-conductora de los cuerpos que lo contienen , podria descubrirlo haciendo experimentos con carbon, como los he hecho con otros cuerpos. En consecuencia pues de esto , llenando el globo del *termómetro de paso* de 176 granos de esta substancia reducida á polvo, y pasada por tamiz , y estando bien rodeada de este polvo la bola del termómetro , se calentó este en agua hirviendo : metiéndolo despues en una mezcla de hielo machacado y agua , observé los tiempos del enfriamiento como se refieren en la tabla siguiente. Repetí despues el experimento con hollin , y con cenizas de leña bien puras y secas : los resultados de estos experimentos son los siguientes.

Globo del termómetro rodeado de

Calor perdido.	176 granos de carbon reducido á polvo.	176 granos de carbon reducido á polvo.	195 granos de hollin.	307 granos de cenizas muy secas.
	Exp. 24.	Exp. 25.	Exp. 26.	Exp. 27.
70°	"	"	"	"
60	79"	91"	124"	96"
50	95	91	118	92
40	100	109	134	107
30	139	133	164	136
20	196	192	237	185
10	331	321	394	311
Totali- dad de tiempos.	940"	937"	1171"	927"

El experimento núm. 25 no ha sido mas que una repetición de el del núm. 24, y se ha hecho en seguida de él; pero habiendo meneado el termómetro en el experimento anterior, se condensó un poco el polvo de carbon que llenaba y rodeaba el globo, y á esta circunstancia es á la que se atribuye la diferencia del resultado de estos dos experimentos.

En los hechos con hollin y cenizas de leña el tiempo empleado para enfriar el instrumento desde 70 á 60 grados ha sido mas considerable que el de 60 á 50 grados. Este efecto era probablemente producido por la cantidad considerable de calor contenida en estas substancias, y del que debian despojarse antes de recibir y comunicar al medio el que estaba contenido en el globo del termómetro.

Hice despues el experimento siguiente con semilla de *marrubio*, llamada vulgarmente *harina de hechicero* ó *azufre vegetal*, substancia que tiene propiedades muy extraordinarias. Es casi imposible humedecerla: quando se echa una cierta cantidad de esta sobre la superficie del agua contenida en una jarra, no solo nada sobre ella sin humedecerse, sino que tambien impide que los cuerpos que la atraviesan y se entran en el agua se mojen; de suerte, que una pieza de plata ó de cobre, ú otro qualquier cuerpo sólido, puede muy bien sacarse del fondo del agua sin que se moje la mano que se mete en ella. Los jugadores de manos hacen freqüentemente juegos de esta especie para entretener á las gentes del campo: la harina cubre la mano, y baxando con ella al fondo del agua, la preserva de su acceso. Esta substancia tiene la apariencia de un polvo amarillo, fino, ligero y muy movable: es de una naturaleza muy inflamable; de suerte, que soplándola sobre una luz por medio de un tubo, produce una explosion semejante á la de la pólvora; lo qual hace que se use freqüentemente de ella en los teatros para imitar á los relámpagos.

Tenia razones para creer que habia allí una fuerte atraccion entre esta substancia y el ayre, y sospechando por algunas circunstancias que habian acompañado á los experimentos anteriores, que el calor de una cubierta depende no solo de la finura de la substancia de que está formada, y de la disposicion de sus partes, sino que tambien en cierto modo proviene de una cierta atraccion entre la substancia y el ayre que ocupa sus intersticios; creí que un experimento con la *semilla de marrubio* podria dar algunas luces sobre es-

te punto, y hallé que mi opinion no era errónea, como se demuestra por el resultado de los tres experimentos siguientes.

Globo del termómetro rodeado de 256 granos de semilla de marrubio.

Calor perdido.	Enfriado.	Enfriado.	Calor adquirido.	Calentado.
	Exp. n. 28.	Exp. n. 29.		Exp. n. 30.
70°	"	"	"	"
60	146"	157"	10°	230"
50	162	160	20	68
40	175	170	30	63
30	209	203	40	76
20	284	288	50	121
10	502	513	60	316
			70	1585
Totalidad de tiempos.	1478"	1491"		2459"

En el último experimento (núm. 30), cuyo resultado ha sido tan extraordinario, se enfrió el instrumento á 0° en el hielo derretido: despues se metió de repente en agua hirviendo, en donde permaneció hasta que el termómetro incluso adquirió el calor de 70 grados, que no duró menos de 2459 segundos, ó cerca de 41 minutos; y el instrumento habia estado mas de minuto y medio en el agua hirviendo antes que hubiese dado señal alguna de ascenso. Pero luego que se puso en movimiento, se elevó con mucha rapidez desde 40 hasta 50 grados: despues, disminuyendo sus movimientos gradualmente, quedó tan lento, que necesitó 1585 segundos, ó un poco mas de 26 minutos para elevarse

desde 60 hasta 76 grados, aunque el temperamento del medio en que estaba colocado estuvo durante casi todo el tiempo á 80 grados, estando el mercurio en el barómetro á la altura de casi 31 pulgadas y 5,2 líneas.

Todas las substancias diferentes de que hasta entonces habia usado para cubrir ó envolver el globo del termómetro, á excepcion de los fluidos, habian confinado mas ó menos el calor, ó le habian impedido entrar en el termómetro, ó salir de él tan rápidamente como lo hubiera hecho si no hubiera habido mas que ayre en el globo de vidrio, en cuyo centro se habia suspendido el globo del termómetro. Pero la cuestión principal es saber cómo ó de qué modo producen estas substancias este efecto.

Desde luego no era en consecuencia de sus potencias no-conductoras, consideradas de un modo aislado; porque si en lugar de ser malos conductores de calor, se las supone absolutamente impenetrables á este agente, sus volúmenes ó sus solideces serian tan poco considerables en proporcion de la capacidad del globo en donde estan colocados, que si no hubiesen producido efecto sobre el ayre que llenaba sus intersticios, este ayre hubiera bastado para conducir todo el calor comunicado en menos tiempo que el que exígia el experimento.

Siendo el diámetro del globo 1 pulgada y 9,9 líneas, su capacidad era de 2 pulgadas cúbicas, y 6,082 líneas; pero no siendo el diámetro del termómetro sino de 7,59 líneas, su capacidad era de 1,210829 línea cúbica: el espacio entre la bola del termómetro y la superficie interior del globo que le rodeaba, lle-

gaba á 2 pulgadas, 6,082 líneas, 1,210829 línea cúbica = 2 pulgadas, 4,5923 líneas cúbicas: espacio que estaba ocupado con las substancias dispuestas al rededor de la bola del termómetro en los experimentos de que se trata.

Pero aunque estas substancias ocupasen este espacio, estaban lejos de llenarlo enteramente: la mayor parte estaba ocupada por el ayre depositado en los intersticios de las substancias referidas. En el experimento núm. 4 este espacio estaba lleno en la apariencia de 16 granos de seda cruda: y como la gravedad específica de este espacio de seda está á la del agua como 1734 á 1000, su volúmen era igual al de 9,4422 granos de agua, y como una pulgada y 1,9 línea cúbica de agua pesa 253,185 granos, su volúmen era igual á $\frac{9.4422}{253.185} = 0,032294$ de pulgada cúbica: ademas,

subiendo el espacio ocupado á 2 pulgadas y 4,5923 líneas cúbicas, parece que la seda no ocupaba realmente mas que la 55^e parte del espacio en que estaba encerrada, y que lo demas estaba lleno de ayre.

En el experimento núm. 1, quando el espacio entre el globo del termómetro y el de vidrio en cuyo centro estaba colocada, no estaba lleno mas que de ayre, el tiempo que ha consumido el termómetro en baxar desde 70 á 10 grados ha sido 576 segundos; pero en el experimento núm. 4, quando el mismo estaba lleno de 54 partes de ayre y de una de seda cruda, el tiempo empleado en lo mismo ha sido 1284 segundos.

Suponiendo ahora que la seda fuese incapaz de conducir calor ninguno, si al mismo tiempo suponemos

que no tiene poder alguno para impedir el ayre que queda en el globo del cernadero; en este caso la concurrencia de esta seda en el globo no habrá podido prolongar el tiempo del enfriamiento sino en proporcion del ayre que habrá quitado á la cantidad que restaba, esto es, de 1 á 54, ó un poco mas de 10 segundos de tiempo. Pero el tiempo del enfriamiento se ha prolongado 708 segundos (porque en el experimento núm. 1 ha sido de 576 segundos, y en el núm. 4 de 1285, como se ha observado); lo que prueba que la seda no conducia el calor por sí misma, sino que impedia al ayre que llenaba sus intersticios que lo conduxese; ó á lo menos debilitaba considerablemente la potencia conductora de este ayre.

La cuestión que se presenta despues es saber ¿cómo puede impedirse al ayre comunicar el calor? Contiene otra, ¿cómo el ayre atrae el calor?

Si el ayre conduxese el calor, como es probable que lo hacen los metales y el agua, y que lo conducen los cuerpos sólidos y los fluidos no-elásticos; esto es, si quedando las partículas de ayre en su lugar, pasa el calor de una á otra, atravesando toda la masa; como no hay ninguna razon para suponer que la propagacion del calor se haga necesariamente en línea recta, no podia concebir como la interposicion de una cantidad de cuerpo sólido tan pequeña, como la 55ª parte del volúmen de ayre, podria efectuar una disminucion tan sensible en la potencia conductora del ayre como la que se ha observado en el experimento núm. 4 hecho con la seda cruda.

Si el ayre y el agua conduxesen el calor de un mismo modo, es muy probable que sus potencias con-

ductoras podrian alterarse de la misma manera ; pero quando hice el experimento con el agua llenando el globo de vidrio de este líquido , en cuyo centro estaba suspendido el globo del termómetro , y quando varié despues el experimento añadiendo al agua 16 granos de seda cruda , no hallé que la potencia conductora del agua se hubiese alterado sensiblemente por la agregacion de la seda.

Pero hemos visto que la misma seda , mezclada con un volúmen igual de ayre , disminuia su potencia conductora en una cantidad considerable ; de consiguiente , hay motivo para concluir de aquí que el ayre y el agua conducen el calor de un modo diferente.

El experimento siguiente demuestra , segun pienso , esta verdad.

Es sabido que la facultad del ayre de tener el agua en solucion se aumenta con el calor , y se disminuye con el frio ; y que si el ayre caliente está saturado de agua , quando despues se enfria depone constantemente una parte de ella. Tomé pues una botella cilíndrica de un vidrio muy transparente : esta tenia casi 9 pulgadas y 3,2 líneas de diámetro , y 13 con 10,8 de alto , con un cuello corto y estrecho ; en medio de esta botella suspendí un pedacito de lienzo medianamente mojado ; la metí en un vaso grande de agua calentada hasta el grado 100 del termómetro de Fahrenheit , en donde la dexé hasta que el ayre que contenia estuviese no solo caliente , sino tambien saturado totalmente de la humedad que provenia del pedazo de lienzo , estando cerrado el orificio de la botella con un buen tapon : habiendo llegado á este punto , la quité por un instante el tapon para sacar el pedazo de

lienzo, y volviéndola á cerrar con prontitud, la extraxe del agua caliente, y la metí en una jarra grande cilíndrica de casi 13 pulgadas y 10,8 líneas de diámetro, y de 18 con 6,4 de alto, que contenia bastante agua al temple del hielo, para que metiendo en ella la botella, la cubriese del todo. La jarra estaba enteramente llena.

Como este vaso era de vidrio hermoso bastante transparente, del mismo que la botella, y estaba perfectamente clara el agua fria que contenia, podia ver con bastante claridad lo que pasaba en dicha botella; y teniendo la precaucion de colocar el aparato sobre una mesa inmediata á la ventana en un dia claro, cuidé de observar lo que pasaba, con la atencion que debia inspirarme la certeza de que el resultado de este experimento seria decisivo.

Era cierto que el ayre contenido en la botella no podia despojarse de su calor sin separarse en el *mismo momento* y en el mismo lugar de una cierta parte de su agua: si el calor pues penetraba la masa de ayre desde el centro hasta la superficie, ó pasaba por medio de esta masa de partícula en partícula, del mismo modo que es probable que pasa por medio del agua y de todos los otros fluidos no-elásticos, la mayor parte del ayre contenido en la botella debia separarse de su calor, aun quando no estuviese *actualmente en contacto con el vidrio*; y cayendo una parte proporcionada de su agua al mismo tiempo y en el mismo lugar, debia baxar necesariamente en forma de lluvia; y aunque esta fuese muy fina para distinguirla, estaba seguro de conocerla en el fondo de la botella, si no en gotas de agua, á lo menos baxo la apariencia

del vapor que empaña el vidrio por su contacto con el humo caliente ó los vapores aquosos.

Pero si las partículas de ayre en vez de comunicarse su calor una á otra, desde el centro hasta la superficie de la botella, tiene cada una su giro, y llegaban aisladamente á la superficie de la botella, y deponian allí su calor y su agua, podia concluir de aquí que la cubierta de vapor ocasionada por este depósito de agua se presentaria sobre toda la botella, ó á lo menos tanto en las paredes de ella como en el fondo; aunque mas bien se presentaria en las paredes que el fondo; y esto es lo que realmente sucedió.

El primer rocío se presentó sobre los costados de la botella cerca de su orificio, y desde allí se extendió gradualmente hácia su fondo, hasta que haciéndose cada vez menos sensible á medida que se hallaba en una region mas baxa, apenas se podia percibir: á la distancia de una media pulgada del fondo de la botella, y sobre el mismo fondo, que era casi plano, no habia la menor apariencia de vapor depositado.

En mi concepto puede darse razon fácilmente de este hecho. A medida que el ayre, inmediatamente en contacto con las paredes del vaso, habia depuesto á un mismo tiempo su fuego y su agua, se introducía hácia abaxo de las paredes de la botella, en consecuencia del aumento de su gravedad específica por el enfriamiento, y ocupando su sitio en el fondo de este vaso, impelia hácia arriba toda la masa de ayre mas caliente, que tocando al paso las paredes de la botella, deponia en ellas su calor y su agua, continuando de este modo hasta que todo el ayre de la botella hubiese adquirido el temperamento exácto del agua.

fria de la jarra en que estaba metida.

Se ve, segun esta explicacion, por que el primer rocío se habia notado en lo alto de la botella, y por que en su fondo habia una cantidad tan pequeña.

Este experimento me confirmó en la opinion que tenia concebida hacia algun tiempo, de que aunque las partículas de ayre individualmente, y cada una en particular, sean susceptibles de recibir y de *transferir* el calor; sin embargo, el ayre en estado de reposo, ó considerado como un fluido cuyas partículas estan estancadas una respecto de otra, no es capaz de transmitir el calor ó de darle paso; en una palabra, que el calor no puede atravesar una masa de ayre, penetrándola de una partícula en otra; y que á esta circunstancia se debe en gran parte su potencia no-conductora.

A esta misma circunstancia debe atribuirse sobre todo el aumento de su potencia no-conductora ó de su calor aparente quando se le emplea como cubierta para retener el calor, mezclándolo con una cantidad pequeña de substancias sólidas, muy finas y ligeras, como la seda cruda, las pieles, el plumon &c., como se ha visto en los experimentos anteriores; porque, como ya lo he observado, estas substancias, aunque en cantidad pequeña relativamente al ayre en que estan esparcidas, le retienen por su adhesion con él, y le impiden transmitir el fuego por un movimiento local en las moléculas.

Porque hay una circunstancia que debe tenerse presente: esta es la atraccion que existe entre el ayre y los cuerpos mencionados, y otras substancias análogas que se emplean en los vestidos naturales y artificia-

les. Porque aunque pueda darse razon de su calor en ciertos casos por su propiedad no-conductora , considerándolas como cuerpos sólidos ó como fluidos no-elásticos ; con todo , aun admitiendo este principio , no parece suficiente para comprehender el grado de calor extraordinario que se nota en las pieles y en las plumas , y en otras diversas especies de vestidos naturales y artificiales : este principio tampoco basta para explicar el calor que conserva la nieve ; porque aun suponiendo que las partículas de ayre tuviesen la libertad de quitar el calor que deben retener estos cuerpos , sin otro obstáculo que el que provendria de su *fuerza de inercia* , ó de la fuerza necesaria para ponerlas en movimiento , parece probable que la sucesion de nuevas partículas de ayre frio y la pérdida de calor que resulta serán mas rápidas que lo que son en efecto.

No hay duda en que no hay una atraccion muy fuerte entre las partículas de ayre y el pelo mas fino, ó la piel mas fina de los animales , las plumas y el plumon de los páxaros , la lana &c. ; y esto está demostrado por la dificultad con que se separan estas substancias del ayre que está unido á ellas , aun quando se las meta en el agua , ó se las ponga baxo el recipiente de la máquina pneumática. Pienso tambien que es fácil de probar que esta atraccion es necesaria para mantener el calor de estos cuerpos.

Siendo , por exemplo , en las pieles mas grande la atraccion entre las partículas de ayre y el pelo muy fino que las rodea , que el aumento de elasticidad ó la repulsion recíproca de estas partículas que proviene del calor comunicado por el animal , el ayre conteni-

do en la superficie , aunque calentado , no se desalojaba fácilmente ; y esta cubierta de ayre retenido de este modo es la verdadera barrera que defiende los cuerpos animales del frio exterior. Este ayre no puede quitar el calor del animal , porque él mismo está retenido por la atraccion del pelo ó de la piel ; y no transmite el calor sino con la mayor dificultad , ó ninguno , como lo hemos visto en los experimentos anteriores.

Esto es lo que manifiesta la razon por que las pieles que son mas largas y mas espesas , son tambien las mas calientes , y por que la piel del castor , de la nutria y de otros animales anfibios que viven baxo del agua , del mismo modo que el plumon de los páxaros de agua , pueden contener el calor de estos animales durante el invierno á pesar del frio extremo y de la fuerza conductora del agua en que nadan. La atraccion entre estas substancias y el ayre que ocupa sus intersticios es tan grande , que este ayre no se desaloja ni aun por el contacto del agua ; sino que quedando en su lugar , defiende á un mismo tiempo los cuerpos de los animales de la humedad y de la pérdida de calor que sufririan por la accion del líquido muy frio que los rodea ; y es posible que la presion de este fluido sobre la cubierta de ayre contenido en los intersticios de la piel aumente al mismo tiempo su calor ó su potencia conductora , de tal modo , que en el hecho no pierda el animal mas calor en el agua que en el ayre ; porque en los experimentos anteriores se ha visto que en ciertas circunstancias se aumentaba el calor de una cubierta quando se unen mas las partes que la componen , ó se aumenta su densidad , aumentándose su espesura ;

pero mas adelante desenvolveré mas particularmente este punto.

Los osos , los lobos , las zorras , las liebres y otros quadrúpedos que habitan países frios , y rara vez se exponen al contacto del agua , tienen su piel mucho mas espesa sobre el lomo que en el vientre. El ayre caliente que ocupa los intersticios del pelo del animal, dirigiéndose naturalmente á elevarse á causa del aumento de su elasticidad, saldria mucho mas fácilmente de la espalda de estos animales que de su vientre, si la Providencia no hubiera precavido sabiamente este inconveniente aumentando los obstáculos en estas partes de su cuerpo para conservar el ayre adyacente. Pienso pues que esta es una nueva prueba de los principios que he expuesto siempre relativos al modo con que el calor se levanta por el ayre , ó al calor aparente de este fluido , quando estando asociado á otros cuerpos , sirve de cubierta para retener el fuego.

La nieve que cubre la superficie de la tierra durante el invierno en las latitudes elevadas está probablemente destinada por el Criador para servirla de cubierta contra el viento glacial que viene de las regiones polares , que comunmente reynan en esta estacion.

Estos vientos penetrantes conservan su aspereza mientras que está cubierta de nieve la grande extension de tierra que circundan ; y en el Océano es donde ellos adquieren por el contacto con sus aguas, el calor que la nieve les impide extraer de la tierra, calor que gradualmente disminuye su temperamento frio hasta que enteramente se han suavizado.

Los vientos son siempre mucho mas frios quando la tierra está cubierta de nieve que quando no lo está.

Ordinariamente se supone que este frio se comunica al ayre por la nieve ; pero esta es una opinion errónea, porque estos vientos son por lo general mucho mas frios que la misma nieve.

Conservan su frescura porque la nieve los impide calentarse á costa de la tierra ; lo qual es una prueba convincente de la utilidad de la nieve para conservar el calor de la tierra durante el invierno en los pueblos inmediatos al polo.

Es bastante notable que estos vientos se dirigen rara vez desde el polo al equador , sino desde la tierra al mar. Los vientos frios vienen del nor-este sobre la costa occidental de la América septentrional ; pero vienen del nord-oueste sobre las costas occidentales de la Europa.

No es cosa extraordinaria verlos extenderse hácia las regiones adonde los impele su gravedad relativa ; tampoco lo es verlos mover en estas regiones á medida que se dilata en ellas el ayre recalentándose allí ; y si me es permitido formar una conjetura sobre la utilidad de los mares , ó sobre la causa final de la gran cantidad de agua que existe sobre la superficie de nuestro globo , comparándola con la cantidad de la tierra , diré que será tal vez para mantener un temperamento mas igual en los diferentes climas , calentando ó enfriando los vientos que en ciertas épocas soplan de los grandes continentes.

Es cierto que los vientos frios se suavizan al pasar sobre los mares , y que los vientos calientes , por el contrario , se refrescan por su contacto con las mismas aguas. Igualmente es cierto que los vientos que vienen del Océano son en todos los climas mucho mas

templados que los que vienen de la tierra.

No puede dudarse que el temperamento suave y uniforme del clima de la Gran Bretaña y de la Irlanda se debe enteramente á su separacion de los continentes; y en todas las situaciones semejantes y en todas las partes del globo causas análogas producirán los mismos efectos.

Los vientos frios del nor-este que reynan sobre la costa de la América septentrional durante el invierno, se extienden rara vez á mas de cien leguas de la costa; y quanto mas se alejan de la tierra son menos violentos y penetrantes.

Los vientos periódicos que vienen de los continentes de la Europa y del norte de América reynan ordinariamente hácia el fin del mes de Febrero ó de Marzo, y creo que contribuyen esencialmente á proporcionar una primavera temprana y un verano fértil, principalmente quando son violentos en el mes de Marzo; y quando en esta época está la tierra abundantemente cubierta de nieve. Siendo transportada, por decirlo así, toda la atmósfera de las regiones polares al Océano por estos vientos, se calienta en él, y se satura de agua; y siendo la consecuencia necesaria de la continuacion de estos vientos frios de la costa una acumulacion de ayre sobre el mar, luego que cesa, principian á levantarse las brisas calientes del mar; y extendiéndose muy lejos sobre el continente, ayudan al sol á despojar á la tierra de su vestido de invierno, y á restituir la actividad y la vida á las innumerables hermosuras que prepara el nuevo año.

Este ayre caliente que viene del mar, adquiriendo su propiedad por un contacto con el Océano, es-

tá en efecto saturado de agua; y de aquí provienen las lluvias calientes de los meses de Abril y Mayo, que son tan necesarias para la vegetacion.

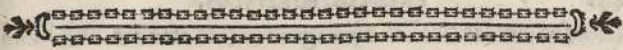
El Océano puede pues considerarse como un gran recipiente de calor, cuya funcion es la de repartirlo igualmente; y su influencia benigna para conservar un temperamento conveniente en la atmósfera se hace sentir en todas las estaciones y en todos los climas.

Los vientos ardientes de la tierra baxo la zona tórida se enfrían por el contacto con las aguas del Océano; y del mismo modo las brisas del mar que á ciertas horas del día reynan sobre las costas, casi en todos los paises calientes, producen una cierta frescura, y dan, por decirlo así, la vida y el vigor á las producciones animales y vegetales, oprimidas por el excesivo calor de un sol ardiente. ¿Quántos paises vastos, que ahora son los mas fértiles sobre la superficie del globo, estarían absolutamente desiertos é inhabitados á causa del excesivo calor, si no se refrescase este regularmente por las brisas del mar? ¿Y no es mas que probable, que el frio y el calor extremados en las diversas estaciones, y baxo las zonas frias y templadas, los harían absolutamente inhabitables si la influencia del Océano no mantuviese en estos climas una igualdad de temperamento?

El Océano es pues muy propio para llenar este objeto no solo por razon de la propiedad que tiene el agua de absorver el calor, y de la grande extension y profundidad de los mares diferentes (que es tal, que un invierno ó un verano no podrían tener ningun efecto sensible para calentar ó enfriar un volúmen de agua tan considerable), sino tambien á causa de la circulacion continua sostenida en el Océano por las corrientes

que reynan en él. Siendo transportadas las aguas baxo la zona tórrida por estas corrientes hácia las regiones polares, se enfrian allí por su contacto con los vientos frios, y comunicando su calor á estas regiones salvages, estas corrientes vuelven despues hácia el equador, trayendo consigo el grado de frescura necesaria para calmar el excesivo calor de estos climas ardientes.

Los ignorantes ó impios han dudado muchas veces de la sabiduría y bondad del Criador á causa de la distribucion desigual de la tierra y del agua sobre la superficie del globo; siendo la vasta extension del Océano, segun ellos, una prueba de que el Ser Supremo tuvo poco cuidado de la especie humana en esta reparticion; pero quanta mas ilustracion adquiramos sobre la constitucion natural de las cosas, y sobre los diferentes usos variados de diversas partes de este mundo visible, menos dispuestos estaremos á condescender con críticas tan frívolas.



ENSAYO NONO.

INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES

SOBRE EL ORIGEN DEL CALOR

QUE EXCITA EL FROTAMIENTO;

(Leído en la Sociedad Real el 25 de Enero de 1798).

Se encuentran muchas veces en el curso ordinario de la vida ocasiones de observar algunas operaciones las mas curiosas de la naturaleza; y podrian hacerse algunas veces experimentos físicos muy interesantes, casi sin trabajo y sin gasto, por medio de máquinas empleadas en los trabajos de las artes y de las manufacturas (1).

He tenido freqüentes ocasiones de hacer esta observacion; y estoy persuadido en general á que la costumbre de considerar con cuidado lo que pasa á nuestro alrededor en una vida activa, ha contribuido freqüentemente á suscitar dudas útiles, y á poner en actividad la imaginacion productora de los inventores; lo que no han hecho las meditaciones profundas de los

(1) Habiendo dado el profesor Pictet una traduccion casi literal de esta Memoria en el número 58 de la *Biblioteca Británica*, se ha seguido esta misma con algunas ligeras mutaciones. *Nota del traductor.*

filósofos en las horas consagradas al estudio.

Estaba ocupado últimamente en el arsenal de Munich en hacer taladrar cañones. Quedé sorprendido del calor considerable que adquiría en poco tiempo la pieza de bronce por la acción del taladro, y del temperamento todavía mas elevado de las hojas de metal que separaba este : su calor excedía mucho el término del agua hirviendo.

Quanto mas reflexionaba en estos fenómenos, mas dignos me parecían de atención : conjeturaba tambien que continuando esta investigacion haria algunos progresos en el estudio de las modificaciones del fuego tan poco conocidas aún, y que tal vez se llegarían á formar algunas conjeturas racionales sobre la existencia y la no-existencia de un fluido ígneo : objeto sobre el qual los físicos han estado muy divididos en todo tiempo.

Para que el lector pueda formarse una idea pura de las conjeturas y de los raciocinios á que me condujeron estas apariencias, como tambien de los objetos de investigaciones físicas que ellas me sugirieron, le suplico me permita los detalles preliminares que me condujeron naturalmente á este fin.

¿De dónde proviene el calor en la operacion mecánica de que se acaba de hablar ?

¿Nace de las hojas de metal que extrae de la masa sólida el taladro ?

Si fuese así ; en este caso, segun la teoría moderna del calor latente y del calórico, no solo la *capacidad de calor* (1) de las hojas de metal debería mudar-

(1) El autor llama, con el Dr. Crawford, *capacidad de calor* lo que la mayor parte de los físicos del continente llaman *calor específico*.

se, sino que la mutacion que padecen deberia ser suficiente para explicar *todo* el calor producido.

Pero ninguna mutacion semejante se observó; antes noté que tomando cantidades iguales en peso, de estas hojas de metal y de los fragmentos mas pequeños de él separados del mismo trozo por la accion de una sierra fina, calentándolos con igualdad, esto es, al grado del agua hirviendo, y poniéndolos en cantidades iguales de agua al temperamento de 59 grados y medio F. ($12\frac{1}{4}$ Reaumur), el agua que recibió las hojas de metal no se calentó ni mas ni menos que aquella en que se metió la limadura del mismo metal.

Este experimento se repitió muchas veces, y los resultados conviniéron siempre en hacer dudar si realmente habia la menor alteracion en la *capacidad* del calor del metal por medio de su conversion en hojas separadas por el taladro (1).

Resulta evidentemente de aquí que el calor pro-

esto es, la facultad que tienen diferentes substancias, á *peso y á temperamento igual*, de contener mas ó menos fuego. Se experimenta esto de dos modos; ó experimentando el efecto de estas substancias diversas, tomadas en peso y temperamento iguales para calentar mas ó menos cantidades iguales de agua fria, ó probando por medio del calorímetro de Lavoisier y Delaplace quanto hielo podrian derretir estas mismas substancias impregnadas de fuego en el mismo grado termométrico. *Nota del traductor.*

(1) Ved aquí uno de estos experimentos: se pusieron en 4590 granos de agua al temperamento de 59 grados y medio F. 1016 granos y una octava parte de limadura fina de fundicion calentada hasta el de 210 grados de F., esto es, al grado del agua hirviendo en Munich: despues de un minuto de estar allí, durante el qual se agitó fuertemente la mezcla con una varilla de madera ligera, se vió su temperamento elevado á 30 grados y medio F. Despues de este experimento, el *calor específico* del metal, calculado segun la regla del Dr. Crawford, estaba al del agua como 0,1100, esto es, á 1,0000; quiere decir, que á *peso y temperamento igual* no hay en el metal de caliones mas que la 11 centena del calor que hay en el agua.

ducido no podía haber sido á costa del calor latente de las hojas metálicas (1); pero aunque estos Ensayos me pareciesen concluyentes, no me contenté con esto, y recurrí al experimento siguiente, aun mas decisivo.

Tomé una pieza de cañon del calibre de á 6, fundicion sólida tal como salia del molde. (Véase la *fig. 1.^a*) La puse horizontalmente en la máquina destinada á horadarlas, y perfeccionarlas al mismo tiempo en el exterior. (*fig. 2.^a*) Hice cortar la extremidad de la pieza y formar torneando el metal un cilindro sólido de 8 pulgadas y 11,6 líneas de diámetro, y de 10 y 9,27 líneas de largo. Este cilindro formaba cuerpo con la pieza por medio de un pequeño cuello cilíndrico que no tenia mas que 2 pulgadas y 10 líneas de diámetro sobre 3,43 líneas de largo: la pieza giraba sobre este cuello como sobre un eje, mientras que se taladraba el cilindro que se habia reservado hasta la ex-

(1) Parece que nuestro célebre autor emplea aquí indiferentemente las expresiones de calor *latente* y de *capacidad de calor*, ó calor *específico*. Nos parece que seria mas ventajoso reservar la expresion de *calor latente* para designar aquella modificacion de fuego descubierta por el célebre Black, y en la qual este elemento se emplea exclusivamente en producir y mantener, ó bien el estado de fluidez, ó el de vapor, en las substancias susceptibles de ser derretidas ó vaporizadas: esta modificacion es un fenómeno particular, una absorcion considerable y pronta, que tiene lugar en el *acto mismo del paso* de las substancias del estado sólido al del líquido, ó de este al del vapor: merece pues distinguirse cuidadosamente del simple *calor específico*, que se refiere á un estado *permanente* de las substancias, haciendo la abstraccion del efecto que tiene lugar en su *transicion* de un estado á otro. El profesor Pictet ha propuesto (Ensayo sobre el fuego p. 28) evitar esta equivocacion llamando *calor de liquacion* y *calor de evaporizacion* á las cantidades relativas de fuego empleadas en producir y en mantener una y otra de estas modificaciones en las substancias que son susceptibles de ellas, y ha introducido estas expresiones en sus cursos de instruccion.

Nota del traductor.

tremidad. El agujero tenia 4 pulgadas y 3,43 líneas de diámetro; y en lugar de continuarlo todo por el medio del cilindro (de 11 pulgadas y 4,22 de largo), no se le diéron mas que 8 pulgadas y 4,08 líneas de profundidad; de suerte, que quedaba en el fondo del cilindro un grueso de metal de 3 pulgadas y 0,14 líneas. Esta cavidad está designada en la *fig. 2.^a* con líneas de puntos; y se halla tambien en la *3.^a*, que está delineada sobre una escala mayor.

En el fondo de este cilindro es donde el calor debia excitarse por la frotacion por medio de un taladro obtuso que estrechaba fuertemente contra este fondo, mientras que la pieza misma tendria un movimiento de rotacion sobre su exe, que le comunicaria la accion de los caballos. Y para que se pudiera medir de tiempo en tiempo el calor acumulado se hizo un pequeño agujero redondo (*fig. 3.^a*) de 5,143 líneas de diámetro, y de profundidad de 42 pulgadas poco mas ó menos en una direccion perpendicular al exe del cilindro: en esta cavidad se colocó un termómetro pequeño de mercurio, cuya bola se hallaba tambien en medio del macizo sólido que formaba el fondo de este cilindro.

El volúmen de este cilindro cóncavo, no comprendido el cuello que lo unía al cañon, era de 446 pulgadas y 9,8 líneas cúbicas, y pesaba 119,91 libras españolas.

EXPERIMENTO PRIMERO (1).

Este se hizo con el fin de establecer quanto calor se producía por la frotacion quando un taladro obtuso, obligado por la accion de un tornillo, apoyaba contra el fondo del cilindro con una presion igual al peso de poco mas de 106 quintales, mientras que el cilindro movido por los caballos giraba sobre su exe, dando treinta y dos vueltas por minuto.

Se ve (*fig. 2.^a*) todo el aparato reunido. W es una barra fuerte horizontal, que comunica con el mecanismo que pone en movimiento los caballos, y que hace girar la pieza sobre su exe.

Para evitar en lo posible la pérdida del calor producido en el experimento, se cubrió cuidadosamente el cilindro con una cubierta de franela, que le preservaba completamente del influxo de la atmósfera; cuya cubierta no está en la *fig. 2.^a*

El taladro era un pedazo llano de acero templado, grueso de 0,87 de pulgada, de 4 pulgadas 7,8 líneas de largo, y casi del mismo ancho, poco mas ó menos, que la cavidad cilíndrica en que estaba colocado, esto es,

(1) El autor se justifica de la prodigalidad de que hubiera podido acusársele si hubiera destinado una pieza de cañon á un experimento físico, exponiendo al lector que para esto se ha valido del material sobrante de una pieza de á seis.

Este residuo de metal es el que queda en la fundicion de la pieza fuera de sus proporciones para impedir los huecos, que sin esto tendrían lugar en las partes superiores: finalmente sirve para apretar el metal, y por este medio hacerlo menos poroso. La materia derretida se introduce en el molde por un agujero hecho cerca de este metal sobrante, cuya cercanía varía segun el calibre de la pieza. La dimension de que se ha servido el Conde de Rumford tenia 2 pies 3 pulgadas 11,3 líneas de largo. *Nota del traductor.*

4 pulgadas 0,8 líneas ; y muy unido á la barra de hierro M, que la sostenia en su lugar. El ayre de su superficie en contacto con el fondo del cilindro era de casi 2 pulgadas 10,8 líneas. Este taladro señalado con la letra N está indicado en la mayor parte de las figuras.

Al principio del experimento el temperamento del ayre á la sombra y el del cilindro eran precisamente de 60 grados de Fahrenheit ($12\frac{1}{2}$ Reaumur.)

Despues de 30 minutos de trabajo, en cuyo tiempo dió el cilindro sobre su exe 960 vueltas, se suspendió el movimiento de la máquina, y se metió un termómetro de mercurio de 4 pulgadas 10,8 líneas de largo, y cuya bola tenía 014,4 líneas de diámetro en la cavidad destinada para recibirle, y subió el mercurio casi instantaneamente á 130 grados ($43\frac{3}{4}$ Reaumur.)

Aunque el calor no estuviese sin duda distribuido con una perfecta igualdad en toda la masa del cilindro; con todo, como el recipiente del termómetro era tambien de forma cilíndrica, y ocupaba casi todo el grueso del metal, podia creerse que el instrumento llegaba poco mas ó menos al temperamento medio de la masa metálica recalentada.

Para formar una idea de la cantidad de calor producido era preciso graduar la que el enfriamiento habia debido quitar durante el experimento. Se dexó pues sosegar el aparato, y por tres quartos de hora se observó su enfriamiento casi de grado en grado.

Suprimimos la tabla de los grados progresivos del enfriamiento, porque bastará decir que el metal perdió 20 grados de Fahrenheit de su temperamento en 41 minutos de tiempo.

Despues de haber levantado el bárreno, saqué el

polvo metálico, ó mas bien las escorias que habia separado este instrumento del fondo del cilindro en este experimento; y su peso, graduado con cuidado, llegaba á 837 granos.

Es posible que la cantidad muy considerable de calor que se produjo en este experimento (cantidad suficiente para elevar á 70 grados, á lo menos el temperamento de mas de 119,78 libras de bronce, y que hubiera podido derretir 6,89 libras de hielo, ó reducir al estado de hervor cerca de 5,3 libras de agua fria): ¿es posible, digo, que esta cantidad de calor resultase de 837 granos de polvo metálico, y esto únicamente en virtud de una *mutacion* en la capacidad de esta materia pulverizada para mantener el calor?

El peso de este polvo no formaba mas que 0,001 lib. parte del del cilindro: deberia haber perdido á lo menos 948 grados de calor, para elevar desde un grado solamente el temperamento del cilindro; y $948 + 70 = 66360$ grados para recalentar este cilindro hasta el término que llegó durante el experimento.

Pero sin insistir sobre la improbabilidad de esta suposicion, acordémonos solamente que segun los resultados de los experimentos actuales y decisivos, hechos con el fin expreso de determinar la capacidad de calor del bronce, esta no es sensiblemente alterada por la reduccion del metal al estado de hojas, que se ha notado en la operacion del taladro de los cañones; y no hay razon para creer que padeciesen ninguna *mutacion* notable quando la materia es aun mas menuda, y reducida, por decirlo así, á polvo, por la accion de un taladro menos agudo.

Si el calor se produxese en todo ó en parte por efecto de una mutacion en la *capacidad* de una parte del metal del cilindro, como esta no podria ser mas que superficial, el cilindro se agotaria por grados; y se conocerá esto en las operaciones sucesivas. Para descubrir si este efecto tenia lugar repetí este último experimento muchas veces con todo cuidado; pero no observé la menor señal de agotamiento en el metal, á pesar de la grande cantidad de calor que habia depuesto.

Despues de haber hallado tantas razones para concluir que el calor producido en estos experimentos, ó mas bien *excitado* por estas operaciones, no era causado á expensas del *calor latente*, ó del *calórico combinado* que pertenecia al metal (1), adelanté mas mis experimentos para descubrir si el ambiente contribuia ó no al calor depuesto.

EXPERIMENTO SEGUNDO.

Como la cavidad del cilindro era tambien de forma cilíndrica, y la barra de hierro que tenia á su extre-

(1) Si separando estas dos expresiones por la simple conjuncion *o*, las considera el autor como sinónimas, aventuraremos una nota sobre esto. Ya hemos visto antes lo que entendemos por *calor latente*, y repetiremos aquí lo que hemos dicho en otra parte, esto es, que nos parece que la expresion de *calórico combinado* deberia reservarse para designar la de las modificaciones de fuego, en las cuales, retenido por una afinidad química muy poderosa, no desampara los cuerpos por efecto de un enfriamiento que puede padecer, sino solamente en el acto de su descomposicion química. Así es como, por exemplo, constituye los *fluidos elásticos permanentes*, que en esta parte se diferencian esencialmente de los simples vapores. (*Nota del Redactor de la Bibliot. Britán.*)

midad el taladro obtuso era quadrada, el ayre tenia un libre acceso al interior de la cavidad en cuyo fondo trabajaba el taladro. Ademas, ni las hojas metálicas separadas por la accion ordinaria de este instrumento, ni las escorias mas finas que producía el taladro obtuso manifestaban señal alguna de calcinacion; de donde concluía que la presencia del ayre no contribuía á producir el calor que se habia observado. Pero era preciso no omitir cosa ninguna en una investigacion de esta naturaleza, en que se trataba de descubrir la verdad.

Para determinar por un experimento decisivo si el ayre que rodeaba tenia alguna influencia en la produccion del calor, hice repetir los Ensayos anteriores disponiendo el aparato de modo que la presencia del ayre no pudiese producir evidentemente efecto ninguno. Empleé un émbolo que ajustaba exâctamente á la boca del cilindro, y estaba atravesado por la barra quadrada que tenia el taladro: esta barra pasaba por un agujero, y estaba tan bien pegada en un cuello de cuero, que imposibilitaba el acceso del ayre en la cavidad del cilindro. Se ve (*fig. 3.^a*) este embolo *p* en su lugar, y se halla tambien en las figuras 7.^a y 8.^a

Con todo, no descubrí en este experimento que la exclusion del ayre disminuyese en nada la cantidad de calor excitada por la frotacion (1).

(1) No parece que, segun esta disposicion de aparato, hubiese salido el ayre, sino que estaba detenido, y no podia renovarse; pero puesto que el calor se producía uniforme é indefinidamente, á pesar de esta circunstancia, se sigue que el ayre no tiene parte esencial en la operacion. Este resultado confirma plenamente el que Mr. Pictet ha logrado en iguales investigaciones. (*Ensayo sobre el fuego c. 9 experimentos sobre el calor producido por la frotacion.*) El mismo ha observado que el fuego era excitado por la frotacion de un modo *mas eficaz* en el vacio que en el ayre.

Todavía me queda una duda que , aunque leve, quiero resolver. El émbolo ajustaba tanto contra las paredes del cilindro á su entrada , que á pesar del aceyte con que estaba untado , sufría un frotamiento considerable quando estaba el cilindro en movimiento sobre su exe. ¿El calor producido no provenia en parte de la frotacion del émbolo? Y teniendo el ayre un libre acceso hácia el borde exterior del cilindro en el parage del contacto con el émbolo , ¿este fluido no tenia en este punto alguna parte en el calor desprendido?

EXPERIMENTO TERCERO.

Hice preparar una caja quadrangular oblonga de abeto (*fig. 4.^a*) bien unida para conservar el agua. Tenia 1 pie y 15,15 líneas de largo sobre 10 pulgadas y 9,27 líneas de profundidad (estas medidas se tomaron por dentro): estaba horadada por las dos extremidades, para recibir por la una la barra quadrada que tenia el taladro obtuso , y por la otra el cuello que unia el cilindro con la pieza del cañon. Esta caja se cerraba por encima con una cubierta con visagras. Quando estaba en su sitio por medio de unos rebajos que cerraban las dos cubiertas de la entrada y la salida del aparato metálico , por el qual estaba penetrado (véanse *g h i k fig. 3.^a*) el fondo de la caja *i k*, quedando horizontal, su exe coincidía con el del cilindro de bronce que ocupaba precisamente el medio de la caja sin tocar á sus paredes (véase *fig. 3.^a*); y llenándola de agua hasta su borde superior, se hallaba el metal enteramente metido en este líquido. Como la caja estaba sostenida por una parte de la barra que entraba ajustada en

el agujero quadrado por una de sus extremidades, mientras que por la otra el cuello cilíndrico que tenía el taladro unia exáctamente al agujero redondo que atravesaba, se comprehende cómo podía el aparato estar en movimiento sin destruir la caja, ni echar fuera el agua que contenía.

Estando dispuesto todo de este modo, procedí en la forma siguiente.

Se enxugó y limpió antes el cilindro agujereado, se puso en su lugar el taladro, despues el émbolo que cerraba la entrada del cilindro, y que estaba atravesado por la barra del taladro. Se acomodó despues la caja, y se cubriéron los agujeros de la entrada y salida del aparato con cueros grasosos, para que no se perdiese parte ninguna del agua fría de que estaba llena la caja, y se puso la máquina en movimiento. El agua estaba entonces á 60 grados F. (12½ R.)

El resultado de este bello experimento fue en extremo maravilloso, y el placer que me causó me indemnizó completamente de todo el trabajo que me habian dado los preparativos de una disposicion tan complicada.

El cilindro daba treinta y dos vueltas por minuto; y se puso en movimiento despues de un poco de tiempo, quando conocí, tocando por el medio del agua la superficie del cilindro, que estaba ya caliente; y la misma agua no tardó en adquirir un calor sensible.

Al cabo de una hora observé al introducir el termómetro en el agua (habia 19,89 libras castellanas) que su temperamento se habia elevado hasta 47 grados: el termómetro estaba á 107 grados F. Se continuó la operacion. Al cabo de media hora señaló el termó-

metro 142 grados. Subió á 178 al cabo de dos horas de haberse principiado el experimento: finalmente, media hora despues estuvo el agua en perfecto estado de hervor.

Seria difícil pintar la sorpresa de los espectadores á vista de una cantidad de agua tan considerable reducida á hervor sin fuego; y aunque en realidad nada habia que debiese admirar, confieso francamente que este fenómeno me causó una alegría casi pueril, que debería ocultar si aspirase á la reputacion de un filósofo grave.

La cantidad de calor excitada y acumulada en este experimento era muy considerable; porque no solo el agua contenida en la caja, sino tambien esta misma (que pesaba poco mas de 15 libras), el cilindro de bronce, y la parte de la barra de hierro que estaba metida en el agua de la caja; todas estas materias habian adquirido 150 grados de calor, á saber, desde 60 grados (su temperamento primero) hasta 210, que era el temperamento del agua hirviendo en Munich.

Puede graduarse con alguna precision la cantidad total de calor producido por la aproximacion siguiente.

Hubo acumulacion del calor desprendido:

En el agua de la caxa (habia en ella 10,108

libras calentadas hasta 150 grados, esto es, desde 60 grados á 210 F.)..... 15, 43

En 119,91 libras de bronce el cilindro concavo, calentadas hasta 150 grados; y como la capacidad del calor de este metal es á la del agua = 0,100 á 1000, hubiera elevado esta cantidad de calor al mismo temperamento solamente 12,72 libras de agua. 10, 59

En una masa de 42 pulgadas 9,3 líneas cúbicas de hierro, esto es, la porcion de la barra que tenia el taladro. Esta mezcla se calentó hasta 150 grados, lo que hubiera producido el mismo efecto en 1,31 libras de agua. 1, 06

N.B. No se pone en cuenta el calor acumulado en la caxa de madera, ni el que debió dispersarse durante el experimento.....

Total de la cantidad de agua al temple del hielo que se hubiera hecho hervir por el calor resultante del frotamiento, y acumulado en el líquido durante dos horas y media.

Cantidad de agua al temple del hielo que se hubiera llevado al estado de hervor.

Libras castellanas.

26,108

Segun el conocimiento de la *cantidad* de calor producido en el experimento anterior, y del tiempo en que se ha excitado este calor, podemos establecer qual es la velocidad de su produccion, y determinar la cantidad de combustible que será preciso consumir

por una combustion uniforme para producir el mismo efecto en el mismo tiempo.

En uno de los experimentos del Doctor Crawford (véase su tratado sobre el calor pág. 321) se ha elevado el temperamento de 181920 granos de agua á 2,1 grados de Fahrenheit con el calor desprendido de 26 granos de cera , lo qual daria 382032 granos de agua calentada un grado con la misma porcion de combustible , ó $14693 \frac{14}{26}$ granos de agua calentada un grado , ó finalmente $14693,180 = 81,631$ granos calentados hasta los 180 del termómetro de Fahrenheit con el calor producido por la combustion de un grano de cera.

Se ha visto pues que la porcion de agua al temple del hielo que en el experimento anterior se hubiera elevado al calor del agua hirviendo por el que resultaba del rozamiento , era la de 26,108 libras ; y como acabamos de decir que 81,631 granos de agua al temple del hielo exigen el calor producido por la combustion de un grano de cera para llegar al temperamento del agua hirviendo , resulta que dichas 26,108 libras de agua al temple del hielo consumirán 2303,8 granos de cera para llegar al calor del agua hirviendo.

Pero como el experimento núm. 3 duró dos horas y media , si quiere determinarse quantas buxías deberían estar encendidas á un mismo tiempo , para que su combustion causase en un mismo tiempo la misma cantidad de calor que habia separado el frotamiento , convendria fixar el grueso de estas buxías , y la cantidad de cera que consume cada una de ellas en un tiempo determinado quemándolas uniformemente.

Hallé por un experimento hecho con el fin de com-

pletar estos cálculos , que quando una buxía de buena calidad de mediano grueso (10,4 líneas de diámetro) arde con una llama clara, se consumen precisamente 49 granos de cera en 30 minutos. Esta tal buxía consumiría pues 245 granos de cera en dos horas y media, ó sean 150; y para quemar los 2303,8 granos de este combustible necesarios para producir en el mismo tiempo, el mismo efecto calorífico que habia producido el frotamiento, no bastarian *nueve buxías* ardiendo á un tiempo; porque no serian mas que $9 + 245 = 2205$ granos, y era preciso quemar 2303,8.

Resulta finalmente de estos cálculos, que la cantidad de calor producida uniformemente, esto es, en torrente continuo (si se puede usar de esta expresion) por la frotacion de un taladro obtuso contra el fondo del cilindro hueco de bronce empleado en los experimentos mencionados, era *mas considerable* que la suministrada uniformemente por la combustion de *nueve buxías*, cada una de 10,4 líneas de diámetro, ardiendo juntas con una llama clara y hermosa.

Aunque la máquina empleada en este experimento podia ponerse fácilmente en accion por la fuerza de un solo caballo (aunque ordinariamente se emplean dos á fin de manejarla), estos resultados manifiestan qué cantidad de calor podria producirse con un mecanismo acomodado á este fin, haciéndola mover por un solo caballo, y sin que ni el fuego ordinario, ni la luz, ni la combustion, ni ninguna otra descomposicion química contribuyan al efecto calorífico. Podria, en caso de necesidad, emplearse este calor en cocer los comestibles.

Pero no puede imaginarse circunstancia ninguna en

la que esta operacion , para proporcionar el calor , no fuese desventajosa con respecto á la economía , porque se lograria mas calor empleando como combustible la substancia destinada para alimentar al caballo (1).

Luego que se concluyó el experimento tercero se vertió el agua contenida en la caja , se sacó el taladro , se recogió el polvo metálico escamoso que habia resultado del frotamiento del taladro contra el fondo del cilindro ; se pesó con cuidado , y habia 4145 granos.

Como esta cantidad era el producto de dos horas y media , corresponden 824 granos por cada media hora: teniéndose presente que en el experimento primero, que solo duró media hora , la cantidad producida fue 837 granos.

En este mismo experimento se ve que el calor producido en media hora igualaba al que hubiera sido necesario para hacer hervir 5 libras de agua al temple del hielo.

Segun el resultado de dicho experimento el calor producido en media hora hubiera hecho hervir 5,31 libras de agua al temple del hielo ; pero es preciso considerar que conservándose mejor el calor en este caso, se perdió menos cantidad de él : esto manifiesta la diferencia de los resultados de los dos experimentos ; aunque por otra parte no es considerable.

Todavía hice con este aparato un ensayo , que voy

(1) Nos parece que hay casos en que esta operacion podria ser económica ; como son aquellos en que se emplease por principio de movimiento una corriente de agua , la acción del viento &c. , en una palabra , quando no se usase de animales , y que por consiguiente no hubiese necesidad de mantenerlos. *Nota del traductor.*

á referir. Habia conocido por el experimento primero quanto calor se producía quando el ayre tenía un acceso libre á las superficies sujetas al frotamiento. El experimento segundo me habia demostrado que la cantidad de calor no era sensiblemente disminuida quando se impedía el acceso libre del ayre : últimamente, el tercero probó que la produccion del calor no estaba ni impedida ni retardada quando se tenía el aparato dentro del agua. Pero como en este último experimento el agua , aunque rodeaba por todas partes el cilindro de bronce , no entraba en su cavidad , cuya comunicacion estaba cerrada por el émbolo , y por consiguiente no estaba en contacto con las superficies metálicas en el sitio en que se producía el calor , quise averiguar qual sería el influxo del contacto del agua sobre las mismas superficies frotantes , y esto es lo que vamos á ver.

EXPERIMENTO CUARTO.

Después de haber quitado el émbolo que cerraba la entrada del cilindro , se puso en su lugar el taladro obtuso : se colocó tambien la caja en su sitio llena de agua , y se puso en movimiento el aparato.

Nada se notó en el resultado de este experimento que merezca referirse particularmente : hubo calor producido como en los anteriores , y á lo que pareció con la misma velocidad ; y no dudó que si se hubiera continuado este experimento por tan largo tiempo como el anterior , hubiera llegado el agua al estado de hervor. La única circunstancia que me sorprendió fue hallar muy poca diferencia en el ruido ocasionado por el frotamiento del taladro contra el fondo del cilindro,

fuese porque este estuviese vacío ó lleno de agua. Este ruido, por otra parte muy desagradable al oído, y algunas veces casi insufrible, me parecia tan fuerte y tan difícil de percibir quando las superficies frotantes estaban baxo del agua, como quando no habia líquido en contacto con ellas, sino solo el ayre.

Meditando sobre los resultados de todos estos experimentos, naturalmente llegamos á la cuestión que tanto ha ocupado á los físicos, á saber, qué es el calor; si hay realmente en la naturaleza *fluido ígneo*; y si hay en ella alguna cosa que pueda llamarse *calórico*.

Hemos visto que puede hacerse producir una cantidad de calor considerable por el frotamiento de dos superficies metálicas; y que este calor sale en torrente continuo, *en todas direcciones*, sin interrupcion ó intermitencia, y sin ninguna señal de disminucion ó de agotamiento.

¿De donde resultó el calor obtenido de este modo en los experimentos anteriores? ¿Nacerá de las partecillas de metal separadas de las grandes masas sólidas por el efecto recíproco del frotamiento? Ya hemos visto que semejante suposicion no es admisible.

¿Será en el ayre en donde debemos buscar su origen? No; porque en los tres experimentos citados, estando el aparato metido en el agua, no podia el ayre atmosférico tener acceso ninguno.

¿Será la misma agua la que suministrará el calórico? Es evidente que no, porque esta agua *recibia* continuamente el calor del aparato, y no podia á un mismo tiempo *comunicar* fuego y *recibirlo*; y tambien porque no padecia ninguna descomposicion química. Si esta descomposicion hubiera tenido lugar (lo que apenas podia

presumirse) uno de los fluidos elásticos que se hubieran manifestado muy probablemente, el gas inflamable, (hidrógeno) se hubiera escapado á la atmósfera, y no hubiera dexado de conocerse, pero aun quando examinase freqüentemente el agua para ver si se levantaban ampollas de ayre al traves de ella, y hubiese hecho algunas disposiciones para recibirlas con el fin de examinarlas, no pude percibir ninguna, ni noté señal de descomposicion ó de efecto químico que resultase de la accion de las substancias metidas en el líquido.

¿Será posible que el calor hubiese sido suministrado por el intermedio de la barra de hierro, que tenia el taladro obtuso que unia el cilindro hueco al cañon? Estas suposiciones son aun mas improbables que las antecedentes, porque el calor salia continuamente *fuera del aparato* por estas dos comunicaciones durante todo el experimento.

Raciocinando sobre este objeto, no perdamos de vista esta circunstancia notable, á saber, que el origen del calor producido por la frotacion en estos experimentos parece evidentemente ser *inagotable*.

Apenas es necesario añadir que toda substancia que puede ser suministrada *indefinidamente* por un cuerpo, ó un sistema de cuerpos *aislados*, no puede ser una substancia material; y me parece, si no imposible, á lo menos muy difícil, formarse una idea distinta de una cosa que puede excitar y comunicar, como es excitado y comunicado el calor en estos experimentos, á no ser el movimiento.

Estoy muy distante de pretender saber cómo ó por qué mecanismo se excita, continúa y propaga esta especie particular de movimiento, á la qual se atribuye

el calor en los cuerpos ; y no entretendré al lector con simples conjeturas , ratiocinando particularmente sobre una materia que hace muchos siglos se ha ocultado á la sabiduría de los mejores físicos.

Pero por lo mismo que el mecanismo del calor será uno de aquellos misterios de la naturaleza , que no es dado penetrar á la inteligencia humana , no hay que desanimarnos por eso , ni aun por que decaer de nuestro ardor en el estudio de las leyes que rigen los fenómenos naturales. Es verdad que quando nos conduce la ambicion demasrado en estas investigaciones , entramos en aquella niebla espesa que limita por todas partes el conocimiento humano ; pero dentro de estos límites nos quedan aun campos vastos é interesantes que correr.

Los efectos producidos en la naturaleza por el influxo del calor son probablemente *tan universales* , ó á lo menos tan importantes como los que se atribuyen á la gravitacion ó á la atraccion recíproca de las moléculas de la materia ; y no hay duda en que este influjo está sujeto á leyes igualmente inmutables.

Antes de concluir esta Memoria debo observar , que si tratando la materia con que me he ocupado , no he hablado de los autores que me han precedido en algunas de estas investigaciones , ni del suceso de sus trabajos , no es por falta de respeto hácia estos sabios , sino sencillamente por abreviar , y para conservar una libertad mas amplia de seguir el impulso natural de mis propias ideas.

Creo deber añadir algunas reflexiones dimanadas de las consideraciones que terminan la Memoria interesante que acaba de leerse (1).

(1) Estas reflexiones son del profesor Pictet.

Estamos inclinados á creer que su sabio autor tratando en cierto modo de persuadirse á sí mismo la no-existencia del fuego como substancia particular, ha combatido contra su propio dictámen, y que llevando hasta el exceso la imparcialidad en la comparacion de los dos sistemas por una especie de fidelidad filosófica, parece inclinarse á aquel que realmente no preferia, quizá con la esperanza de que provocando alguna disputa sobre este punto, hallaria en los argumentos de la parte contraria con que justificar una secreta preferencia por la opinion que combate. Tratemos pues con esta idea de correr el velo que él ha puesto voluntariamente.

Dexemos las objeciones secundarias para atender á la mas interesante. Los experimentos manifiestan que el fuego puede ser producido ó excitado por la frotacion con una abundancia casi indefinida: luego, dice, toda substancia que puede ser suministrada *indefinidamente* por un cuerpo ó un sistema de cuerpos *aislados*, no puede ser una substancia material.

Distinguiremos desde luego la idea de un *cierto efecto producido* de la de una substancia material *suministrada*. La segunda no es consecuencia necesaria de la primera. Por exemplo, el sonido de una campana podrá oirse indefinidamente mientras que está en vibracion, sin que haya allí substancia suministrada por la campana: basta que exista entre la campana y el oido que las percibe una materia capaz de recibir y de transmitir las vibraciones sonoras del metal. Si segun la opinion de algunos físicos existiese pues un fluido particular universalmente extendido, susceptible de ser puesto en vibracion por el frotamiento de los cuerpos sólidos

dos, ocasionando entonces la sensacion de calor; esta frotacion podria excitar indefinidamente esta sensacion sin que allí hubiese mas substancia realmente suministrada que la que hay en el sonido de la campana.

Los fenómenos del iman nos ofrecen tambien otro exemplo de los efectos producidos de un modo permanente é indefinido, sin transmision, ó á lo menos sin pérdida digna de aprecio, del fluido que produce estos efectos. En esto los tienen muy particulares; y es que la virtud magnética, lejos de disminuir ó de disiparse por la comunicacion, parece aumentarse por este procedimiento.

Pero supongamos que en efecto existe, esto es, que á exemplo del fluido eléctrico (con el qual tiene mucha semejanza el fuego), excitado como este por la frotacion, tenga del mismo modo la facultad de ser transmitido por ciertos conductores: ¿vemos acaso que el aparato empleado en los experimentos que acaban de leerse estuviese *aislado* relativamente á la transmision del calor? Por el contrario era enteramente de naturaleza metálica; y se sabe muy bien que los metales son excelentes conductores del fuego. El aparato podia pues sacarlo del ayre que le rodeaba y del sol.

Seria muy interesante variar estos experimentos baxo este punto de vista, esto es, con un aparato que pudiese realmente, y baxo la relacion de la transmision del calorífico, aislar como se quisiese la parte frotante: la comparacion de los efectos en este caso podria ilustrar algo.

La objecion sobre la dificultad de admitir que el fuego puede á un mismo tiempo llegar al aparato, y salir de él (lo que sin embargo podria suceder si fuese

verdaderamente una substancia) : esta objecion , decimos , probaria tambien contra la existencia del fluido eléctrico , el qual es , como se sabe , susceptible de este paso doble : existencia que sin embargo no es contestada. Una constitucion particular y una grande tenuidad podrian explicar este fenómeno , y resolver la dificultad que acabamos de referir.

Pero por el contrario , quando se intenta explicar por el movimiento *solo* los diversos efectos atribuidos al calórico como substancia *sui generis* , entonces es quando se presentan innumerables dificultades , y quando se entra en aquella niebla que , segun la expresion oportuna de nuestro autor , limita el conocimiento humano. No es porque no sea posible dar razon de los diversos efectos físicos , y de los del fuego en particular , por el movimiento ; pues el sistema de nuestro sabio compatriota Mr. Le Sage se funda sobre este principio ; pero asociado á una mera idea á la existencia de un fluido particular , formado de un conjunto de corpúsculos , cuya pequenez y velocidad exceden á todo lo que puede sugerir una imaginacion viva y atrevida , y que moviéndose en línea recta , y segun todas las direcciones posibles en el espacio indefinido , encuentran allí las moléculas de las substancias materiales , y capaces de mezclarse entre sí de diverso modo por su dureza , su figura primitiva , y su modo de agregacion , y producen por la naturaleza de su impulso contra estas moléculas , ya la gravitacion recíproca de la materia , ya la elasticidad de cierto cuerpo , ya la cohesion , ya las afinidades químicas ; en una palabra , todos los efectos generales que se llaman *leyes de la naturaleza*.

Nada hay mas sencillo , mas ingenioso , ni mas fe-

cundo que este sistema , quando se aspira á elevarse tanto en la region de las causas ; pero si no tienen los físicos un gran peligro en ocuparse en estas especulaciones , á lo menos corren riesgo , entregándose á ellas , de ser comparados á la hormiga , que al pie de una de las columnas del Panteon intentaba establecer , segun los principios que se habia formado en su hormiguero , las proporciones del vasto edificio de que no veia sino una pequeña parte , y de adivinar las miras y los medios del arquitecto que lo formó. Que atiendan mas bien á las sabias lecciones de nuestro autor , y que á exemplo suyo se propongan por fin constante de sus trabajos el bien de sus semejantes y la utilidad general.

EXPLICACION DE LAS FIGURAS.

La *fig. 1.^a* representa el cañon empleado en los experimentos, tal como salió de la fundicion.

Fig. 2.^a Manifiesta el mecanismo empleado en los experimentos 1.^o y 2.^o Se ve el cañon fixo en la máquina de barrenar. *W* es una barra fuerte de hierro, que se representa rota por ahorrar papel.

Esta barra forma parte del aparato (que no se representa en la figura) que hace girar la pieza, y que mueven los caballos.

m es una barra fuerte de hierro, á cuya extremidad está fixo el taladro obtuso. Esta última pieza es la que apretada contra el fondo del cilindro hueco labrado en la extremidad de la pieza, y unido á ella por un cuello cilíndrico estrecho, padece el rozamiento de donde proviene el calor.

Fig. 3.^a Es en escala mayor el mismo cilindro hueco que está representado en escala menor en la *fig. 2.^a*

Se le ve unido á la caja de madera *g h i k* empleada en los experimentos 3.^o y 4.^o, en los cuales estaba el cilindro metido en agua.

p es el émbolo que cierra el cilindro. Está señalado con puntos: *n* es el taladro obtuso visto de perfil.

d e es el pequeño orificio por el qual se introduxo el termómetro para conocer el temperamento del cilindro. Se ha representado el cañon como roto cerca de la boca para ahorrar papel, y lo mismo se ha hecho con la barra que tiene el taladro obtuso que se representa en *m*.

Fig. 4.^a Representa la caja de madera vista en perspectiva : su corte se ve en *g h i k fig. 3.^a*

Fig. 5.^a y 6.^a Representan el taladro obtuso *n*, unido á la barra *m*, á la qual estaba bien sujeto.

Fig. 7.^a y 8.^a Representan el mismo taladro con su barra y el émbolo, que en los experimentos 2 y 3 cerraba la entrada del cilindro hueco de bronce.

ENSAYO SEXTO.

Sobre la evolución del calor y la combustión
del combustible.

CAP. I. *El objeto de este Ensayo es explicar y demostrar experimentalmente, que la combustión y la calificación de los cuerpos de la naturaleza, dependen de la acción de la fuerza calórica, y de la acción de la fuerza eléctrica, y de la acción de la fuerza magnética, y de la acción de la fuerza química, y de la acción de la fuerza mecánica, y de la acción de la fuerza vital, y de la acción de la fuerza moral, y de la acción de la fuerza divina.*

CAP. II. *De la producción del calor por medio de la combustión, sin saber precisamente qué es el calor, se puede observar que los gases que se desprenden en la combustión, son los gases que se producen en la combustión.*

Fig. 4. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 5. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 6. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 7. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 8. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 9. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 10. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 11. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 12. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 13. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 14. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 15. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 16. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 17. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 18. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 19. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 20. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 21. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 22. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 23. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 24. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 25. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 26. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 27. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 28. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 29. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 30. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 31. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 32. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 33. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

Fig. 34. Representa la casa de maestra vista en perspectiva.

INDICE

DE LOS CAPITULOS CONTENIDOS

EN ESTE TOMO SEGUNDO.

PRÓLOGO DEL TRADUCTOR. I

PRÓLOGO DEL TRADUCTOR FRANCES. V

ENSAYO SEXTO.

Sobre la conduccion del fuego y la economía
del combustible.

CAP. I. *El asunto de este Ensayo es curioso, y en extremo interesante: todas las comodidades y la mayor parte de los recreos de la vida se deben al fuego y al calor. Es inmensa la pérdida del combustible. Importa mucho á los particulares y al público su economía. Medios para valuar el que se pierde inútilmente. Establecimiento de la primera cocina en la casa de industria de Munich: gasto del que se consume en ella comparado con el de las cocinas de particulares. Plan de otras varias construidas en Munich segun otros principios baxo la direccion del autor. Introduccion. Sabias observaciones sobre este objeto.* PAG. I

CAP. II. *De la generacion del calor por medio de la combustion. Sin saber precisamente qué es el calor, se pueden examinar las leyes que dirigen su accion. Es probable que el calor producido*

por la combustion de materias inflamables es mantenido por el ayre , y no por el combustible. Explicacion del efecto que causan los fuelles en la lumbre. De los hogares donde el fuego se sopla por sí mismo. De los hornos que tienen corrientes de ayre. Su utilidad demostrada por las lámparas construidas segun los principios de Argand. Quanto importa regular la cantidad de ayre que entra en un hogar cerrado. Utilidad de los registros ó de los tapones en las chimeneas de los hogares cerrados. Reglas generales para la construccion de los hogares cerrados, con la explicacion de los principios sobre que se fundan.

29

CAP. III. De los medios de contener el calor , y de dirigir sus operaciones. De los conductores y no-conductores del calor. El ayre atmosférico ordinario es un buen no-conductor del calor , y se puede usar de él al intento. La naturaleza le ha destinado para esto en muchas circunstancias ; él es la causa principal del calor de los vestidos naturales y artificiales. Es tambien la única del calor que dan las ventanas y los tabiques dobles ; estos son igualmente útiles en los paises frios que en los calientes. Todos los fluidos elásticos son no-conductores del calor. La experiencia demuestra que el vapor es un no-conductor del calor. La llama tambien es no-conductor.

41

CAP. IV. Del modo con que la llama comunica el calor á otros cuerpos. Del mismo modo obra sobre los cuerpos que un viento cálido. Expli-

cacion del modo con que un fuelle aumenta la actividad de la llama demostrado con muchos experimentos. Se necesita conocer el modo con que la llama comunica el calor para determinar la mejor hechura que se puede dar á las calderas y á las marmitas. Principios generales para construir todo género de calderas.

CAP. V. Detalle de los experimentos hechos con calderas y hogares de diferentes formas y dimensiones; advertencias y observaciones diversas sobre sus resultados; y ventajas que pueden sacarse de ellos. Experimentos hechos en grande con la caldera de una fábrica de cerveza. Detalle del modo con que se ha construido y colocado una caldera de la misma con arreglo á un plan perfeccionado. Resultado de muchos experimentos hechos con esta caldera. Ventaja que resulta en la economía del combustible destinado á poner los líquidos en el grado de hervor que se necesita para hacer los experimentos en grande. Estas ventajas son sin embargo limitadas. Detalle de una reforma hecha en la caldera de la nueva fábrica de cerveza con el fin de abreviar el tiempo necesario para hacer hervir el agua contenida en ella. Experimentos que demuestran los efectos de estas reformas. Valuacion de las cantidades relativas de calor que pueden producir el carbon de tierra hecho polvo, llamado coak; del carbon de tierra; del carbon de leña; y particularmente del de encina. Modo de graduar la cantidad de carbon de tierra necesaria para executar todas las

operaciones mencionadas en este Ensayo, en las cuales se empleaba anteriormente leña. Valuacion de las cantidades totales de valor que pueden producir diferentes especies de combustible, y de las cantidades reales de calor que se pierden en diversas circunstancias al componer los alimentos en las cocinas.

63

Experimento sobre la conduccion del fuego al hacer que hiervan los líquidos, hecho en Munich el dia 15 de Abril de 1795 en una fábrica de cerveza perteneciente á S. A. S. E.

66

Detalle de tres experimentos hechos en Munich el dia 10 de Octubre de 1796 con la nueva caldera en la fábrica de cerveza, llamada Neuheusel, propia de S. A. S. Electoral, estando el tiempo bueno, el barómetro á la altura de 28 pulgadas inglesas, esto es, 30,52 españolas, y el termómetro de Fahrenheit á 36 grados.

100

Tabla comparativa de los dos experimentos hechos con la caldera nueva de la fábrica de cerveza.

118

CAP VI. Descripcion de muchas cocinas públicas ó particulares, y de hogares destinados para diferentes usos, que se han construido á presencia del autor en diversos paises. De la cocina de la casa de industria en Munich; de la de la Academia militar; de las cocinas dispuestas para el rancho de los militares; de la cocina de un cortijo; de las cocinas que estan en la posada del Jardin ingles en Munich; de las de los hospitales de la Piedad y de la Mi-

- sericordia en Verona; de una pequeña cocina destinada para servir de modelo en la casa de Sir Juan Sinclair Bart en Londres; de una cocina militar destinada para el uso de las tropas en campaña. De una marmita portátil destinada para las tropas quando marchan; de una caldera grande destinada para servir de modelo á las de los blanqueadores que se ha colocado en la fábrica de lienzo de Dublin. De un fogon destinado para guisar, y tambien para calentar una sala grande, y de un horno permanente para pan, uno y otro colocados en la casa de industria de Dublin; de una cocina de un blanqueador; de un horno de chimenea, y de un modelo de horno para cal contruidos en Irlanda en la casa de la Sociedad de Dublin.* 130
- Detalle de la construccion de la cocina de la casa de industria en el estado actual.* 131
- Cocina de la Academia militar de Munich.* 133
- Cocina de la sala para el rancho de los militares en el Jardin ingles en Munich.* 134
- Cocina del cortijo en el Jardin ingles.* ibi
- Cocina grande de la posada en este Jardin.* ibi
- Cocinilla de la posada.* 135
- Cocina del hospital de la Piedad en Verona.* ibi
- Cocina del hospital de la Misericordia en Verona.* 136
- El horno para asar debe estar bien caliente antes de introducir en él los pasteles, y los tubos al ayre corriente no deben estar jamas cerrados del todo durante la coccion.* 138

<i>Hogar de una choza y marmita de hierro para cocer los alimentos de los pobres.</i>	161
<i>Modelo de un horno perpetuo para cal.</i>	163
<i>Explicacion de las láminas.</i>	167

ENSAYO SEPTIMO.

Sobre el modo con que se propaga el calor en los fluidos. Sobre una ley notable que se observa en la condensacion del *agua* por el *frio*, quando este líquido se acerca al término de la congelacion, y sobre los efectos maravillosos que se producen en consecuencia de esta ley en la economía de la naturaleza. Conjeturas sobre la causa final de que el agua del Océano sea salobre.

ADVERTENCIA.

177

Sobre el modo con que se propaga el calor en los fluidos.

CAP. I. *Peligro que hay en abrazar sin exámen opiniones recibidas en el curso de las investigaciones filosóficas. Jamas se ha dudado del paso libre del calor en todos los cuerpos y en todas direcciones. Sin embargo, no es este el modo con que pasa el calor á todos los cuerpos sin excepcion. El ayre y el agua, y probablemente los demas fluidos, no son en efecto conductores del calor. Descubrimientos casuales que han empeñado en hacer investigaciones experimentales sobre este objeto interesante. El movimiento interior entre las partículas de los fluidos se hace*

visible. La propagacion del calor en los fluidos se obstruye y retarda por todo lo que impide el movimiento interior de sus partículas. Puede pues concluirse que el calor se propaga en ellos por una serie de estos movimientos. Ellos son los que lo comunican, y los que impiden su tránsito. Los cuerpos, las plumas, la pelusa, y todas las otras substancias que forman las cubiertas calientes para confinar el calor al ayre libre, producen el mismo efecto en el agua segun el resultado del experimento. Estos efectos se producen del mismo modo en estos dos fluidos, esto es, obstruyendo el movimiento de sus partículas en la translacion del calor. La potencia conductora del agua se disminuye sensiblemente quando se mezclan en ella substancias que la hacen viciosa, y que minoran su fluidez. El descubrimiento del modo con que el calor se propaga en el agua da muchas luces para una multitud de operaciones las mas interesantes de la naturaleza. Facilita conocimientos sobre el modo con que se conservan los árboles, los frutos y los vegetales durante el invierno en los climas frios.

181

CAP. II. *Nuevas investigaciones sobre el movimiento interior que hay en las partículas de los líquidos quando vuelven á calentarse ó enfriarse. Descripcion de una operacion por medio de la qual pueden percibirse estos movimientos en el agua. Detalle de varios experimentos de recreo que se han hecho con este instrumento. Estos conducen á un descubrimiento importante: el*

calor no puede propagarse de alto á baxo en los líquidos mientras estan condensados por el frio. La experiencia prueba que el hielo se derrite ochenta veces mas lentamente quando se derrama sobre su superficie agua hirviendo. Puede explicarse el modo con que se derrite el hielo quando se derrama agua sobre su superficie, suponiendo tambien que el agua es un excelente no conductor del calor, siguiendo la hipótesis indicada: el agua que no está mas que á 8 grados (del termómetro de Fahrenheit) baxo el punto de congelacion, ó al temperamento de 40 grados, debería derretir tanto hielo en un tiempo determinado quando se derrama sobre su superficie, quanto derretiria un volúmen igual del mismo fluido á un temperamento mas alto, aun en el mismo grado de hervor. Este hecho extraordinario está probado con muchos experimentos decisivos. El agua en el temperamento de 41 grados derrite aun mas nieve quando se derrama sobre su superficie que el agua hirviend.. El resultado de todos estos experimentos prueba que el agua es un excelente no conductor de calor, ó que este no se propaga sino por virtud del movimiento que causa en las partículas de este fluido, las quales por sí mismas no tienen ninguna comunicacion calorífica recíproca. Este descubrimiento nos manifiesta una de las escenas mas vastas y mas interesantes de la economía de la naturaleza.

CAP. III. Recapitulacion y observaciones ulte-

riores sobre este asunto. Todos los cuerpos se condensan con el frio , á excepcion del agua. Efectos admirables que produce en la tierra esta ley particular de la naturaleza , relativa á la condensacion del agua. Esta excepcion de sus leyes generales es una prueba convincente de una causa final en la constitucion de nuestro globo; prueba que debe despertar los sentimientos de todo ser sensible y reconocido. Esta ley particular no tiene cabida en la condensacion del agua salada. Causa final del salobre del mar. El Océano está probablemente destinado por el Criador para regular y templar el calor, y no serviria para ello si fuera agua dulce. Causas finales de no ser salobres los lagos ó mares mediterráneos en las latitudes septentrionales. Utilidad de estas indagaciones. 261

Descripcion de las láminas. 288

ENSAYO SEPTIMO.

PARTE SEGUNDA.

Sobre el modo con que se propaga el calor en los fluidos.

CAP. IV. Contiene el detalle de diversos experimentos nuevos con notas y observaciones que tienen relacion con ellos ; y diversas conjeturas sobre las afinidades , la solucion y el principio mecánico de la vida animal. 290

CAP. V. El agua puede helarse en la superficie interior : observaciones sobre la formacion del Tomo II. HH

hielo en el fondo de los rios. Razones que muestran á concluir que el calor no puede distribuirse jamas con uniformidad en ningun fluido. Movimientos perpetuos que ocasiona en los fluidos la distribucion desigual del calor. Los choques se suceden con una rapidéz increíble por un efecto del movimiento interior que hay en los fluidos en el curso de la propagacion del calor. Tentativa hecha para valuar el número de estos choques que ocurren en un tiempo determinado. Estas investigaciones deben modificar mucho nuestras ideas sobre el estado real de los fluidos que parece estar estancados. La fluidez puede llamarse la vida de los cuerpos inanimados. Conjeturas relativas al principio vital en los animales vivientes, y á la naturaleza de la estimulacion física.

CAP. VI. Es probable que existe frecuentemente en las partículas aisladas de los fluidos un calor considerable, que ni el tacto ni el termómetro pueden descubrir. Esta suposicion explica la causa de la evaporacion del hielo durante la helada mas fuerte. Es probable que los metales se evaporarian quando estan expuestos á la actividad de los rayos del sol, si no fuesen muy buenos conductores del calor. El mercurio se evapora realmente baxo el temperamento medio de la atmósfera. Este hecho es una prueba convincente de que el mercurio fluido es un no-conductor de calor. Probabilidad de que el calor intenso producido por los rayos de la luz, y de que los efectos que

se atribuyen á ellos deberian tal vez en todos casos atribuirse á la accion del calor que producen. Prueba cierta de que existe alguna vez un calor intenso en donde no se piensa. El oro realmente se funde por el calor que existe en el ayre atmosférico , quando no hay ninguna apariencia de fuego ó de otra cosa que sea calentada hasta enrojecerse. Debe tenerse mucha circunspeccion en atribuir á la accion de poderes desconocidos , efectos semejantes á los que produce la accion del fuego. El calor mas intenso puede existir sin dexar vestigios visibles de su existencia. Este hecho importante está indicado por el resultado necesario de un experimento supuesto.

322

CAP. VII. *Relacion de diversos experimentos variados. Los termómetros para receptáculo cilíndrico pueden emplearse para hacer ver que los líquidos son no-conductores de calor. El agua al temple del hielo puede calentarse , y reducirse al estado de hervor sobre la superficie del hielo. Circunstancias notables que acompañan á la fusion del hielo , á la de la grasa y á la de cera por medio del calor radiante comunicado de arriba abaxo por una bala ardiendo. Cristales hermosos de sal marina formados por la salmuera detenida encima del mercurio. El aceyte de olivas pierde pronto su color quando se expone al ayre , y nada sobre la salmuera. Tentativa para hacer baxar en el aceyte el calor radiante de una bala ardiendo. Experimento sobre una atmósfera artificial, en*

HH 2

- la qual produce el calor corrientes horizontales.
Conjeturas sobre las causas próximas de los
vientos.* 342
- §. I. *Detalle de diversos experimentos muy sencillos que prueban que el calor no descende en los fluidos.* 343
- §. II. *El agua al temple del hielo que reposa sobre este puede calentarse, y llegar al estado de hervor sin derretirle: hecho que desvanece la opinion seguida hasta ahora.* 344
- §. III. *El calor radiante de una bala ardiendo no puede penetrar de arriba abaxo en una masa de agua líquida, ni en la grasa derretida ni en la cera en el mismo estado.* 345
- §. IV. *Cristales hermosos de sal marina formados con la salmuera derramada sobre el mercurio.* 348
- §. V. *El aceyte de olivas derramado sobre la salmuera pierde su color expuesto al ayre.* 349
- §. VI. *Tentativa infructuosa para hacer baxar en el aceyte el calor radiante de una bala roxa.* 350
- Descripcion de las figuras.* 358

ENSAYO OCTAVO.

Sobre la propagacion del calor en diversas substancias: relacion de un gran número de experimentos hechos con el fin de descubrir las causas del calor de los vestidos naturales y artificiales.

INTRODUCCION.

361

MEMORIA PRIMERA.

Modo con que se han dispuesto los aparatos para los experimentos siguientes. Se ha fabricado un termómetro cuya bola está rodeada del vacío de Torricelli. El calor pasa con mas dificultad en el vacío de Torricelli que en el ayre. Razon de las potencias conductoras del vacío de Torricelli, y del ayre con respecto al calor determinado por el experimento. Razon de las potencias y de las facultades conductoras del ayre seco y del húmedo. Diferencia de las potencias conductoras del ayre segun su grado de densidad. Diferencia de las potencias conductoras del mercurio, del agua, del ayre y del vacío de Torricelli. (Leida en la Sociedad Real el dia 9 de Marzo de 1786.)

Experimentos sobre el calor por el Conde de Rumford. Extracto de las Transacciones filosóficas año de 1786.

363

MEMORIA SEGUNDA.

Relacion del calor de diversas substancias de que se hace uso para los vestidos artificiales, determinadas por el experimento. Relacion del calor de muchas cubiertas del mismo grueso, y hechas de la misma substancia, pero de densidades diferentes. Calor relativo de cubiertas formadas de cantidades iguales de la misma substancia, pero dispuestas de modo diferente. Experimentos executados para determinar hasta donde puede depender la propiedad que poseen diversos cuerpos de confinar el calor: de sus qualidades químicas. Experimentos con carbon de leña, con hollin y con cenizas de leña. Experimento admirable con el polvo de marrubio. Todos estos experimentos indican que el ayre que ocupa los intersticios de las substancias empleadas para hacer cubiertas propias para confinar el calor tiene una parte esencial en esta operacion. Parece que estas substancias impiden al ayre transmitir el calor. Exámen sobre el modo con que se executa esto. Este exámen conduce á un experimento decisivo, que prueba que el ayre es un perfecto no-conductor del calor. Este descubrimiento facilita medios para explicar un número de fenómenos interesantes en el órden de la naturaleza. (Leida en la Sociedad Real el 19 de Enero de 1792.)

Experimentos sobre el calor por el Conde de Rumford. Extracto de las Transacciones filosóficas año de 1792.

ENSAYO NONO.

483

Investigaciones experimentales sobre el origen del calor que excita el frotamiento. (Leida en la Sociedad Real el 25 de Enero de 1798.)

441

Explicacion de las figuras.

466

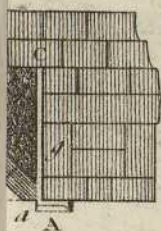


Fig. 5.

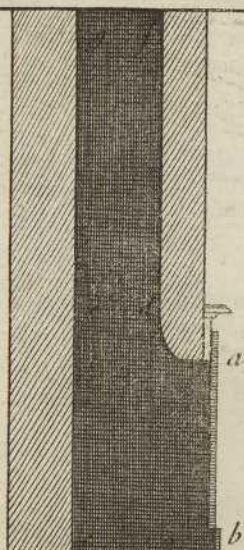
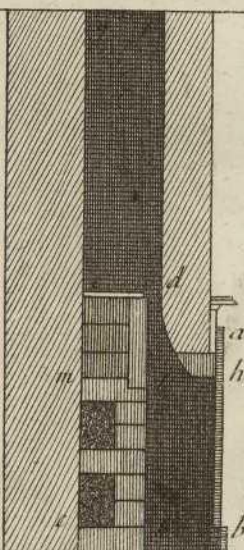
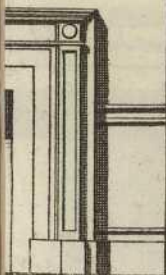
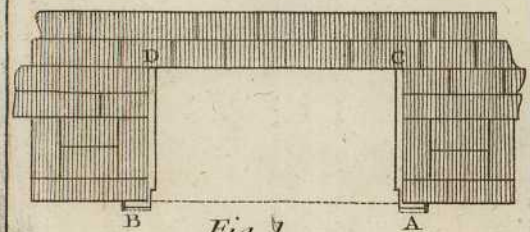
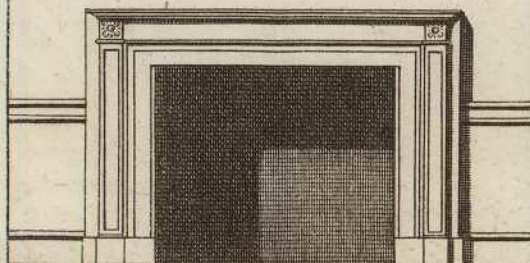


Fig. 6.



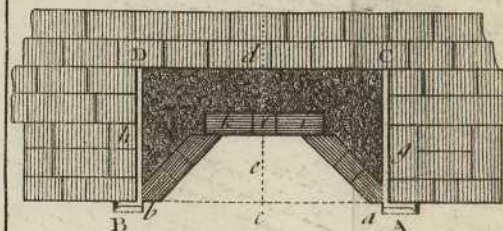
Albueros f.

Fig. 2.



1 2 3 4 5
Escala de pies Cast.³

Fig. 3.



1 2 3 4 5
Escala de pies Castell.³

Fig. 4.

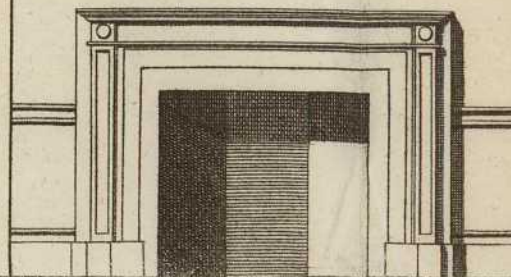


Fig. 5.

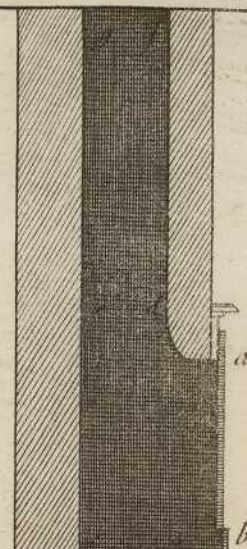
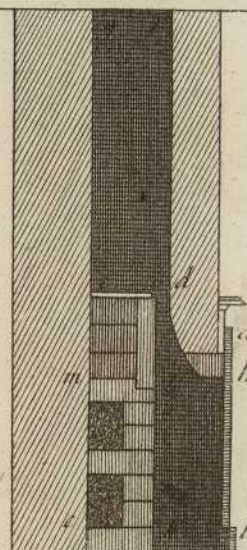
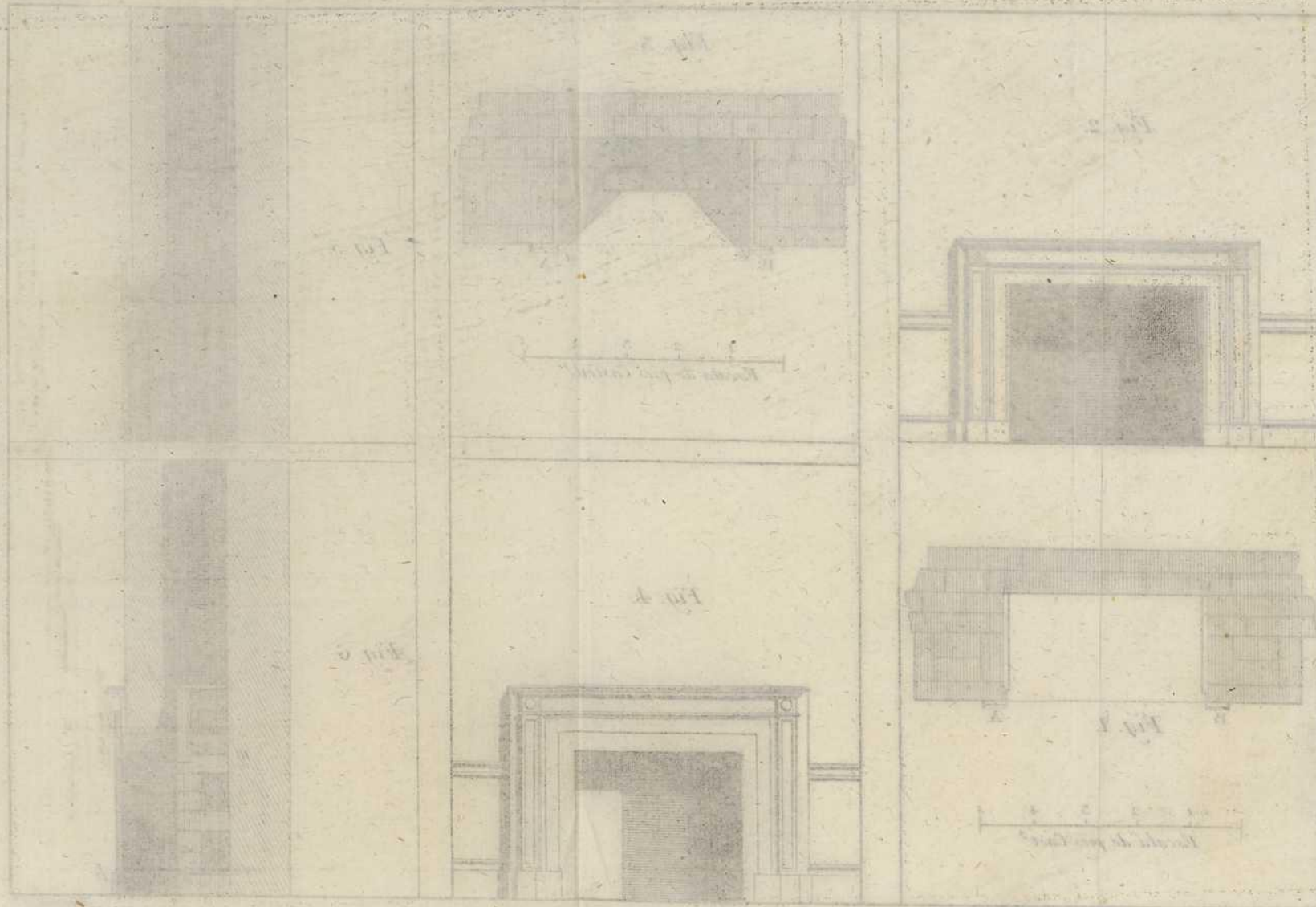
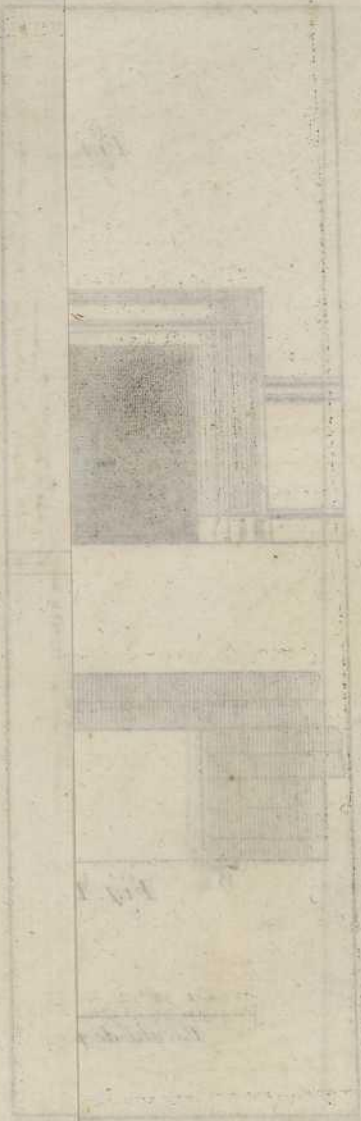


Fig. 6.







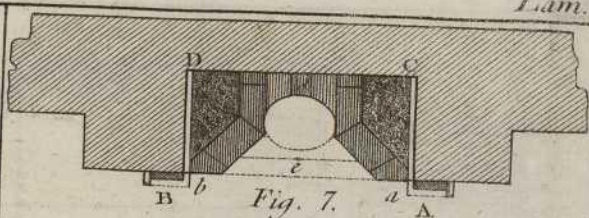


Fig. 7.

1 2 3 4 5
Pies Castellanos

Fig. 8.

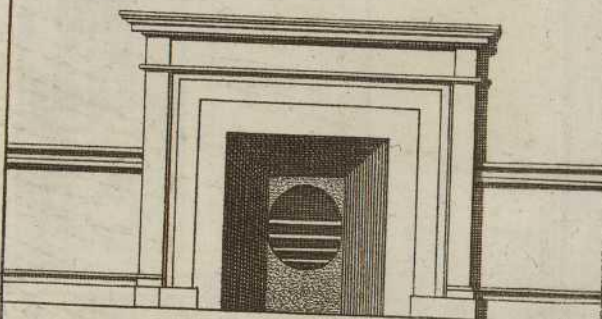
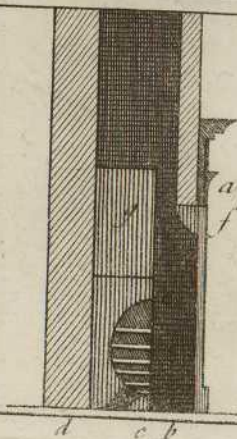


Fig. 9.



Albuera 5.

Fig. 10.

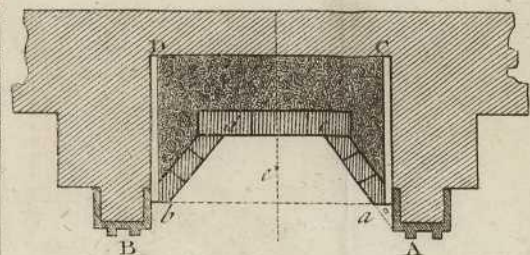
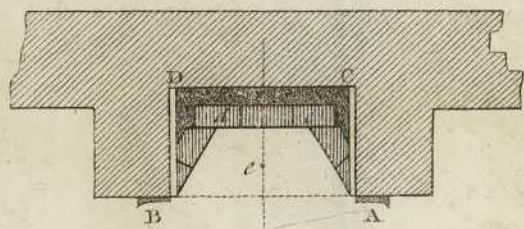


Fig. 11.



1 2 3 4 5
Pies Castellanos.

Fig. 12.

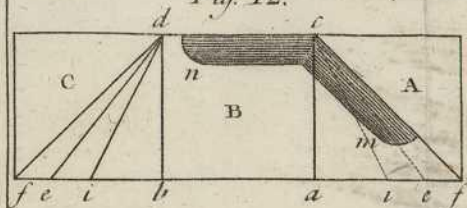


Fig. 13.

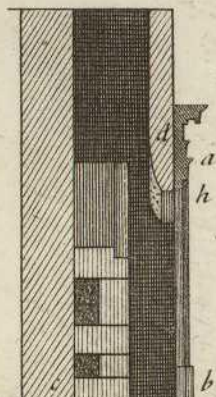


Fig. 14.

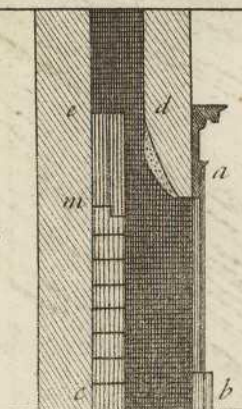


Fig. 7.

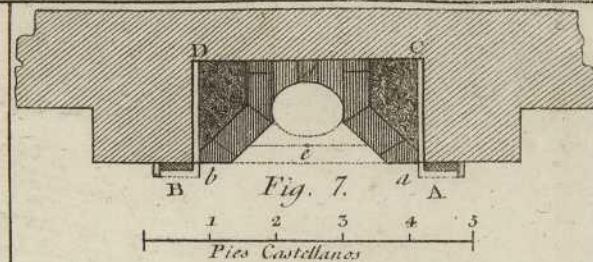


Fig. 8.

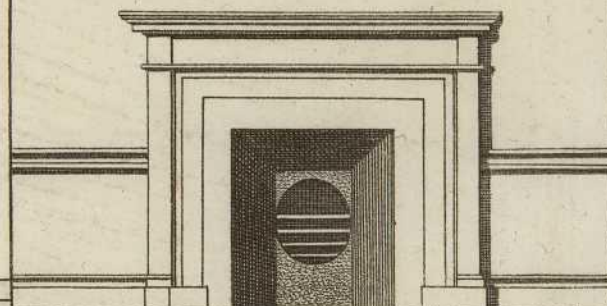
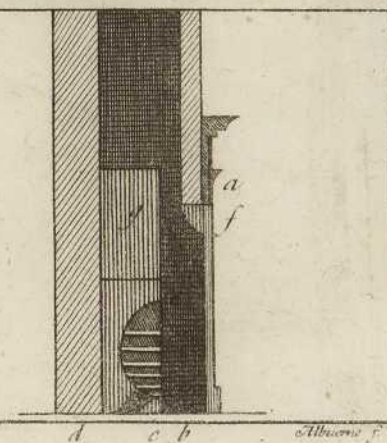
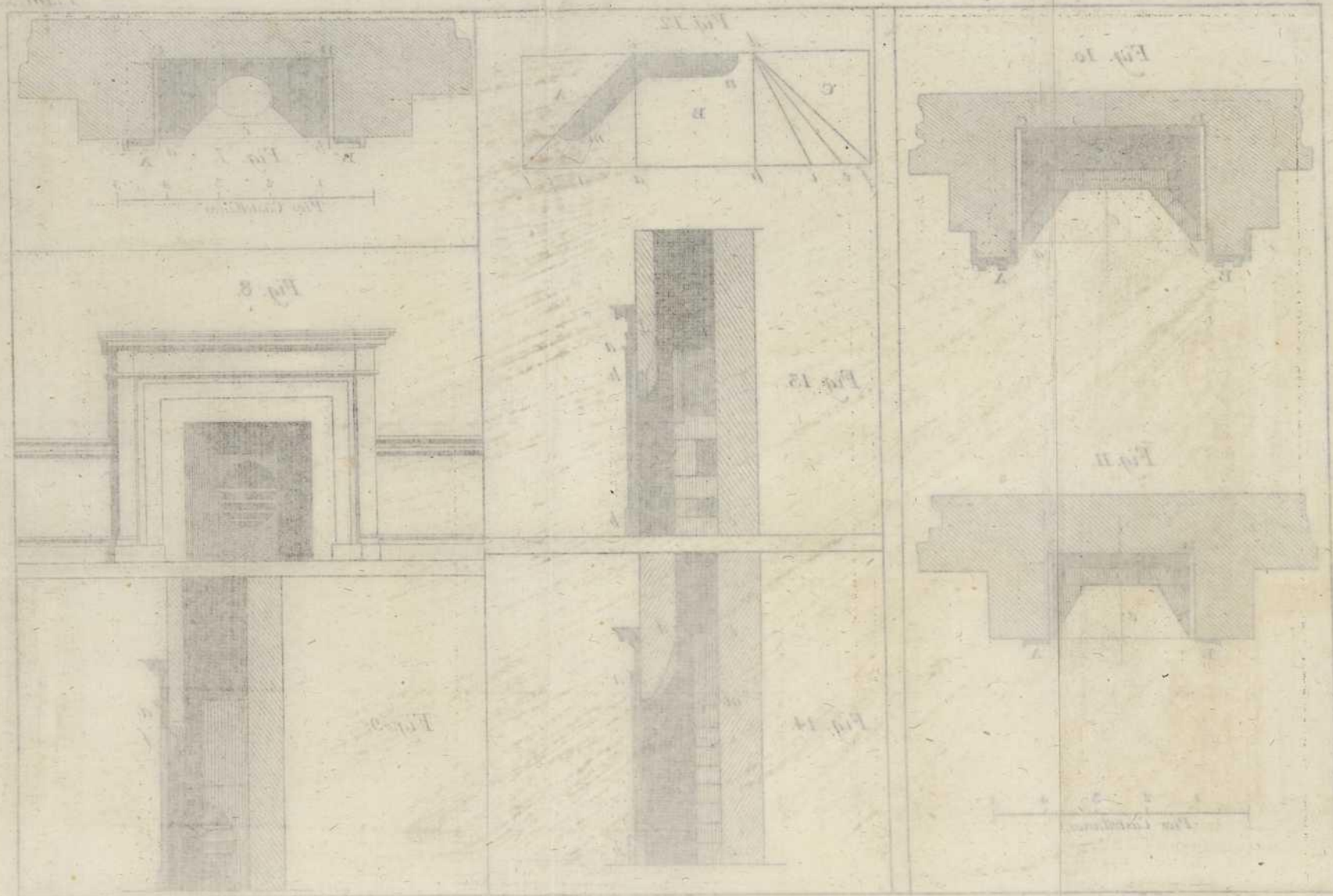


Fig. 9.



Albacete



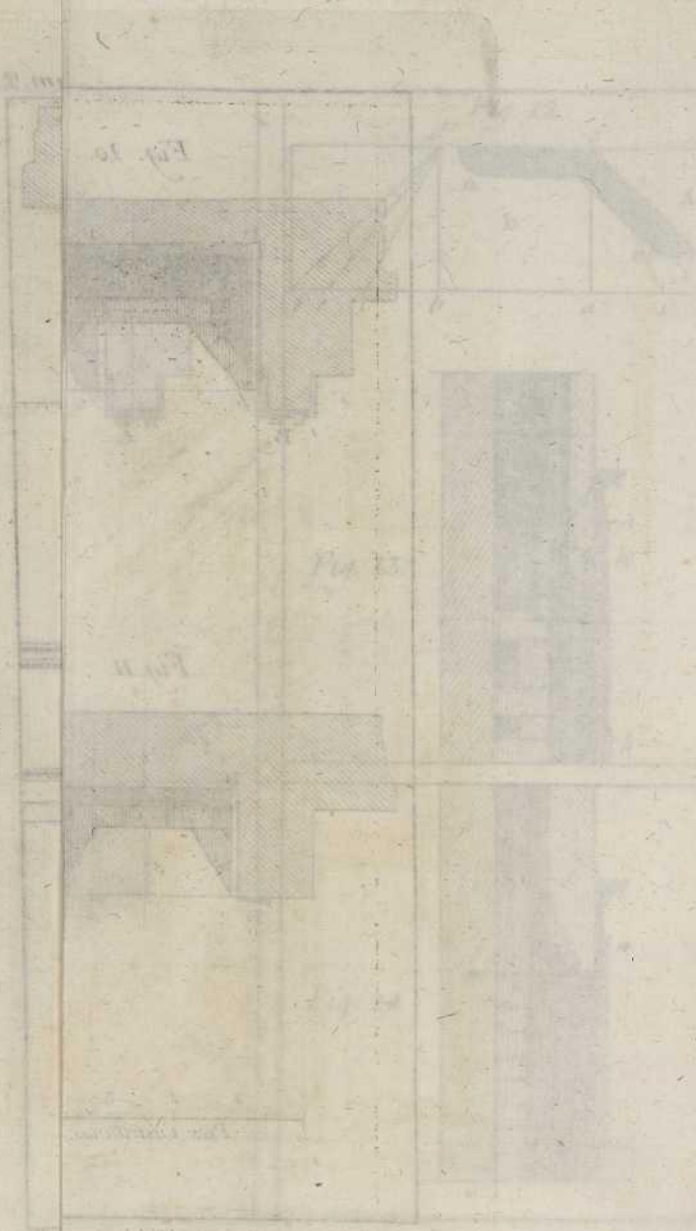
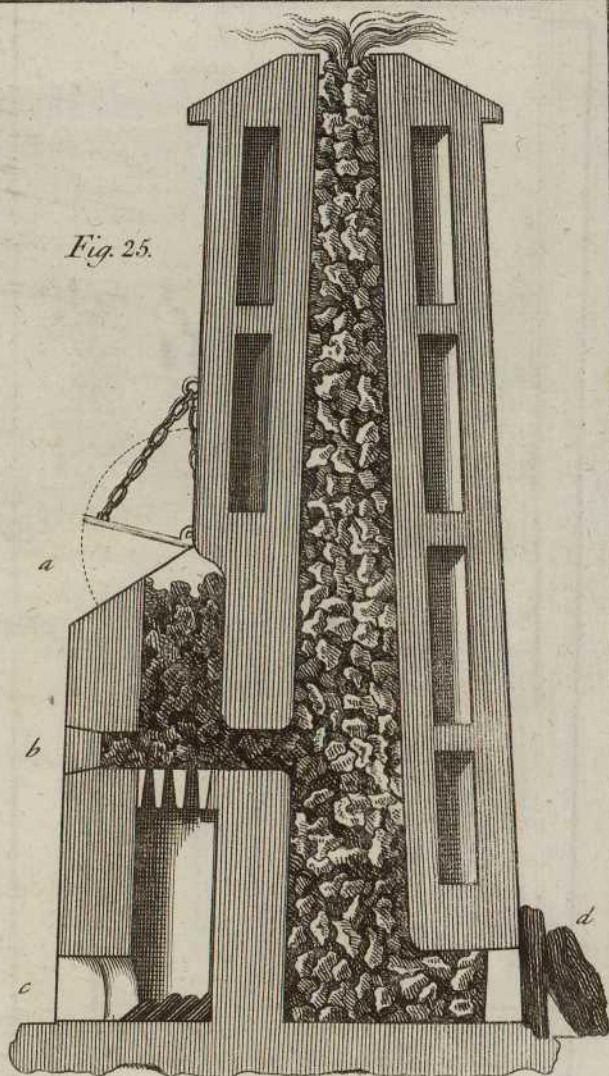
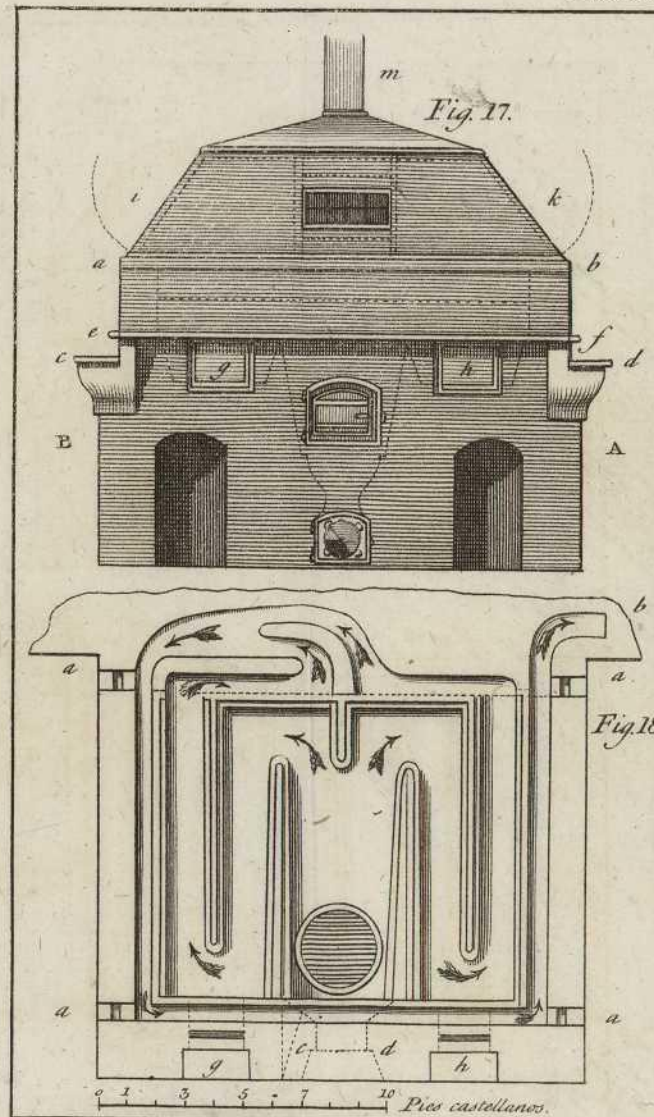


Fig. 25.

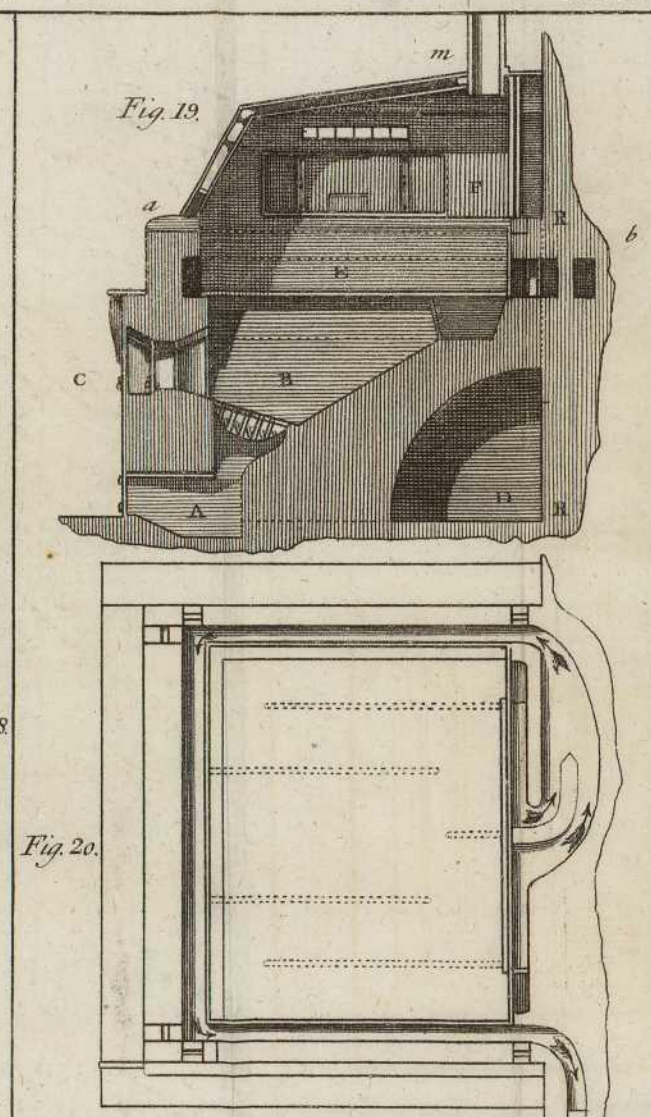


Albuerno lo grabo.

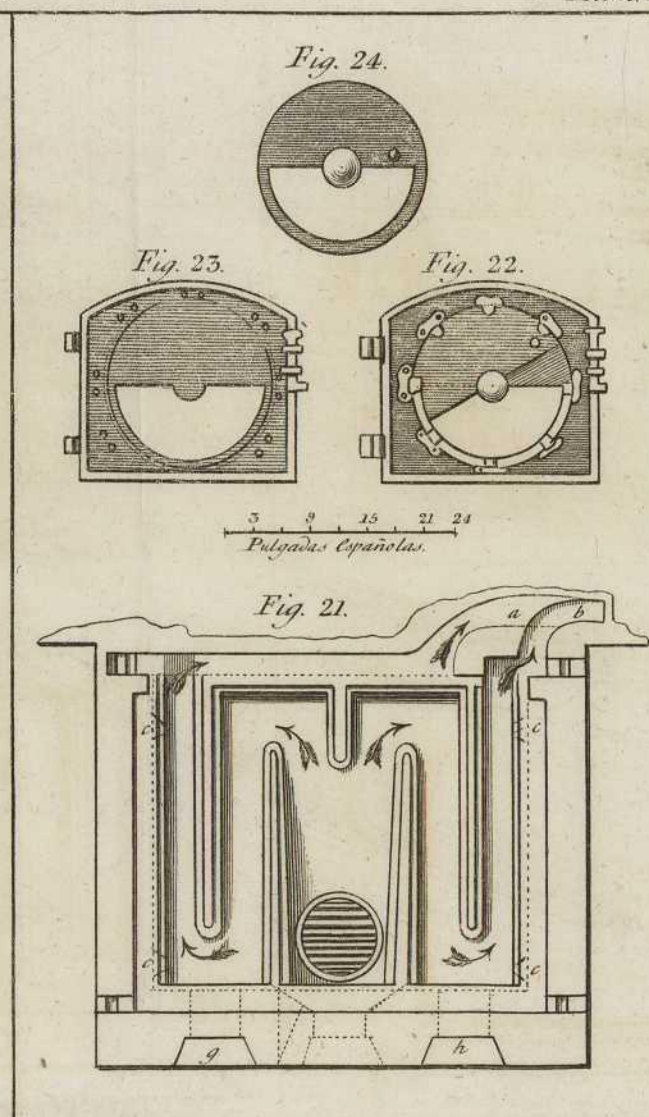
Lam. 3.



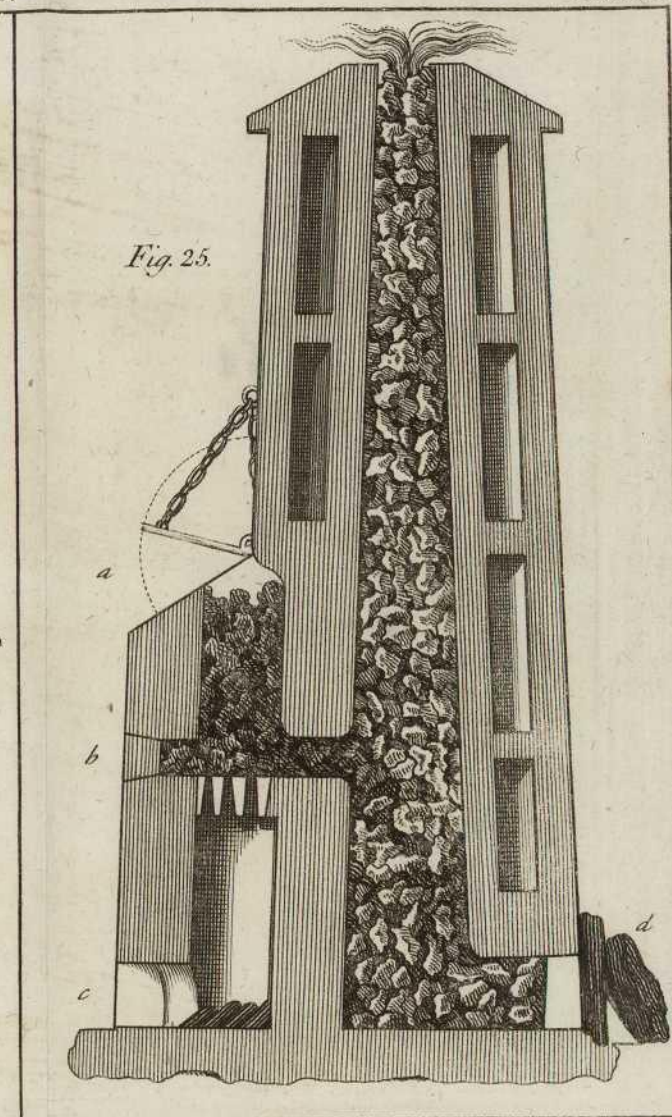
Lam. 4.

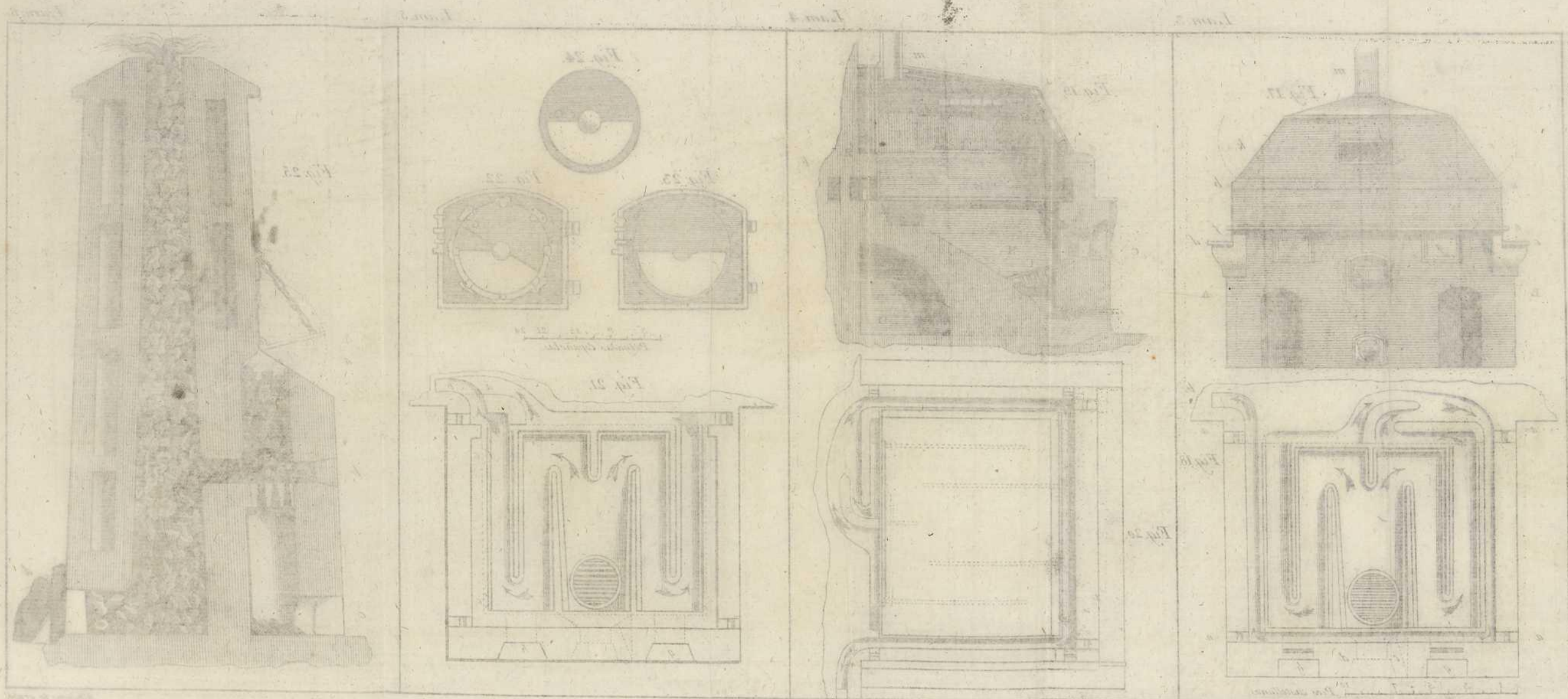


Lam. 5.



Lam. 6.





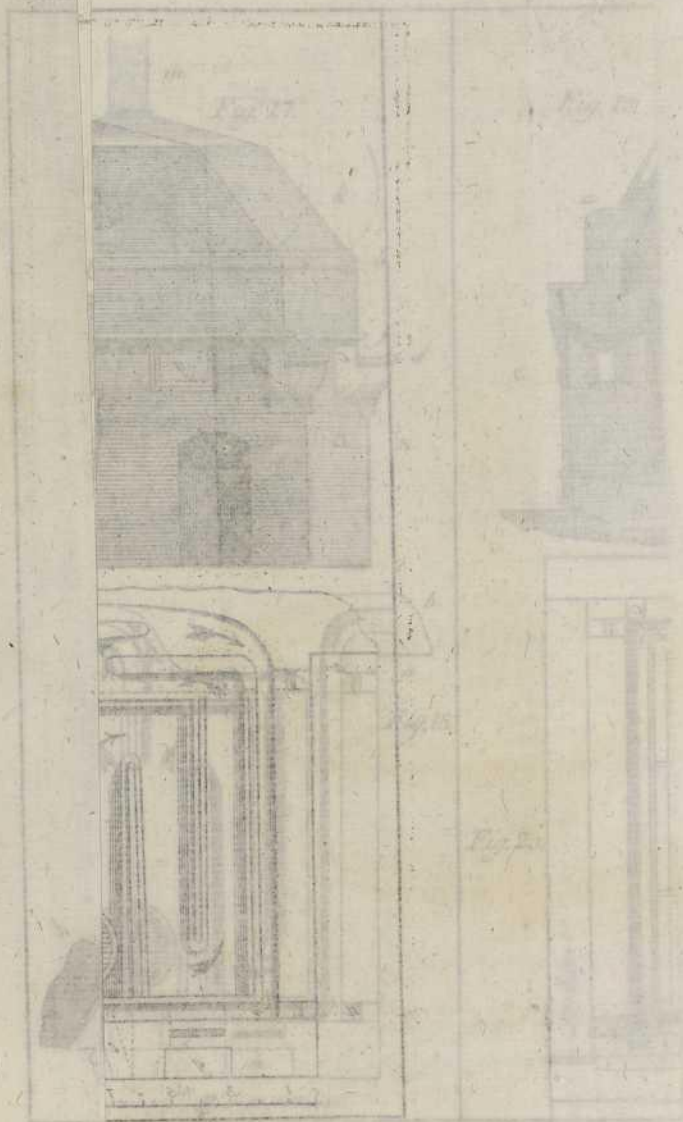
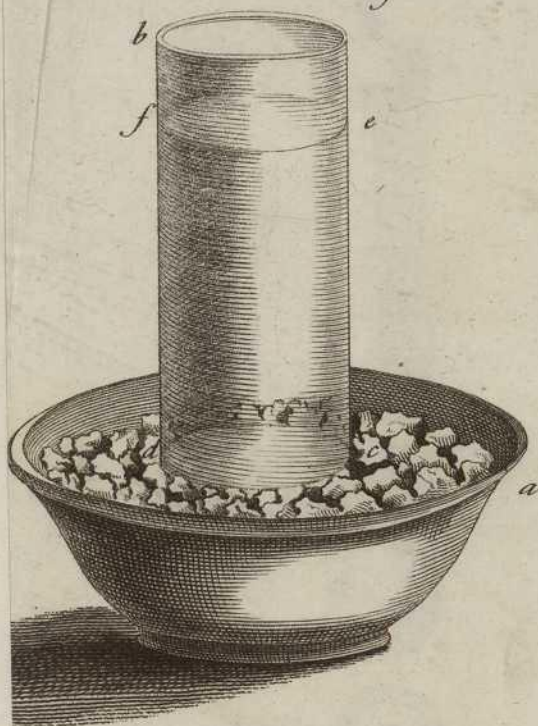


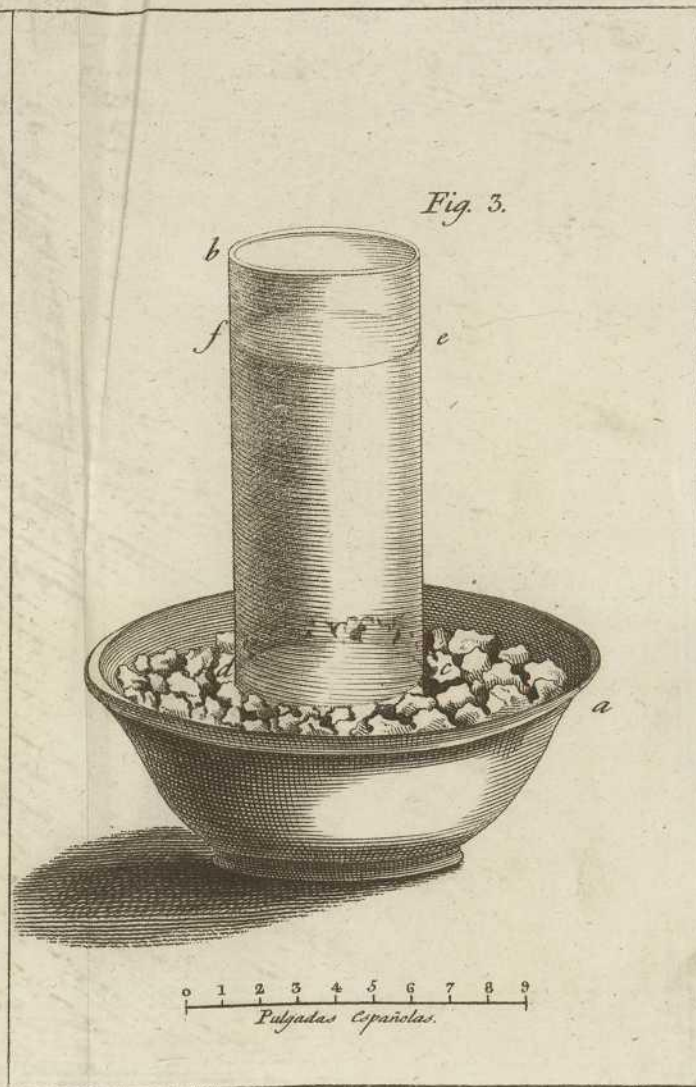
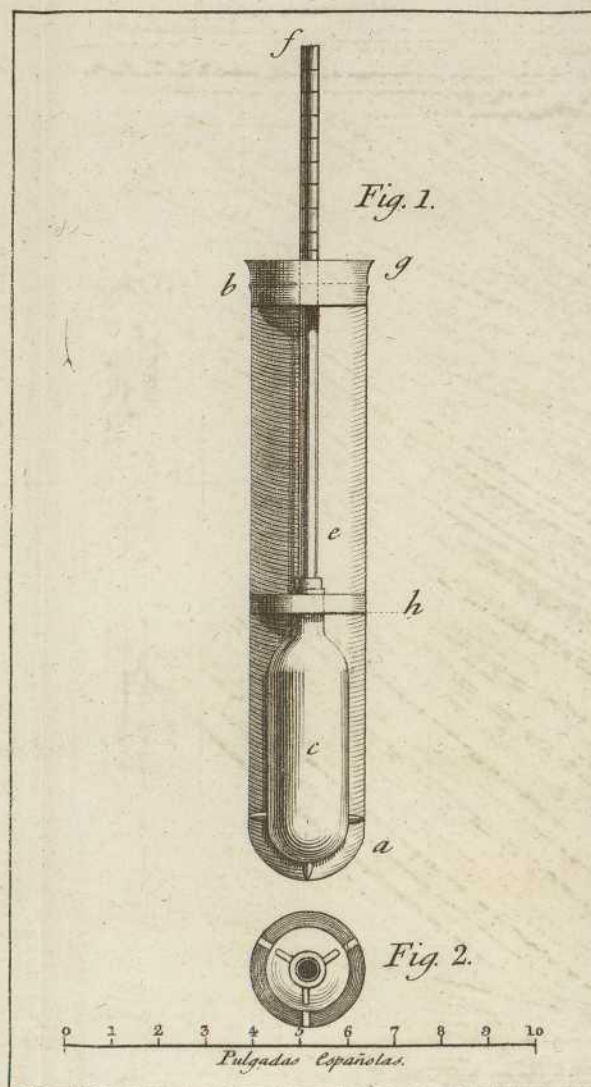
Fig. 3.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Pulgadas Copañelas.

M. Alluvino f.

timo.



Ensayo Septimo.

M. Alloume f.

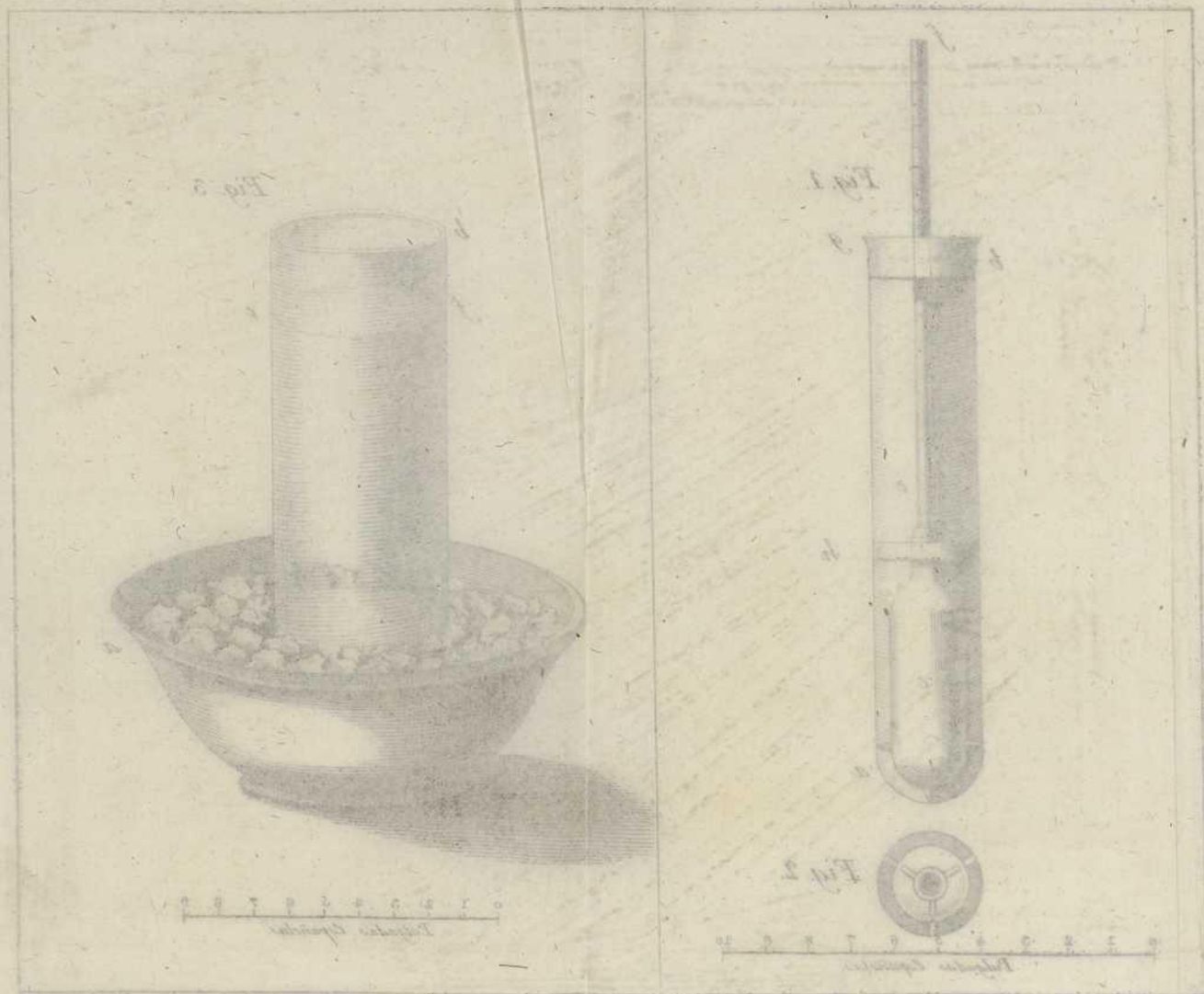


Fig. 1.

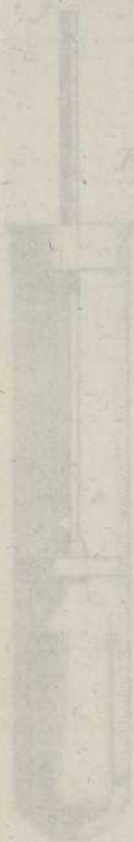


Fig. 2.



Ensayo a la

Fig. 2.

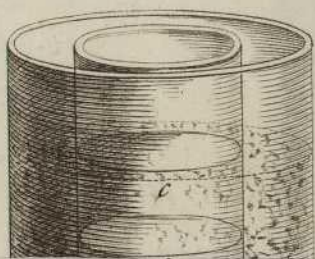
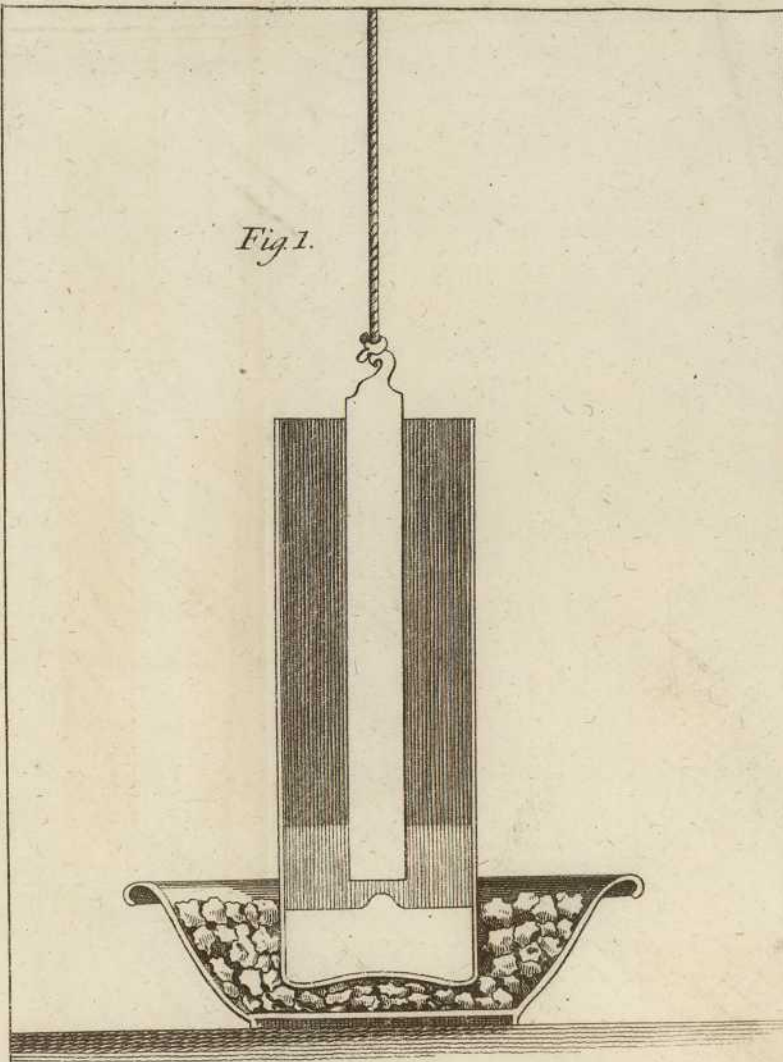
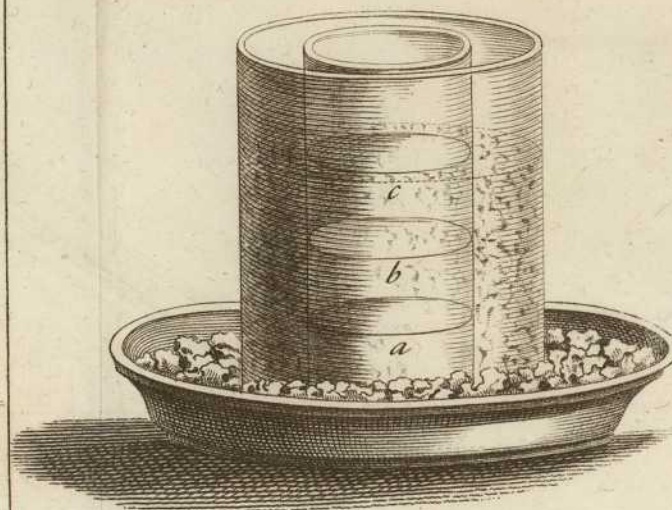


Fig. 1.

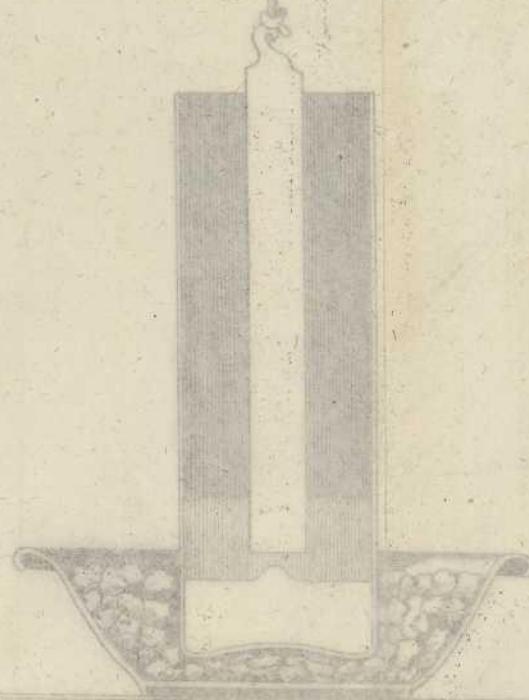
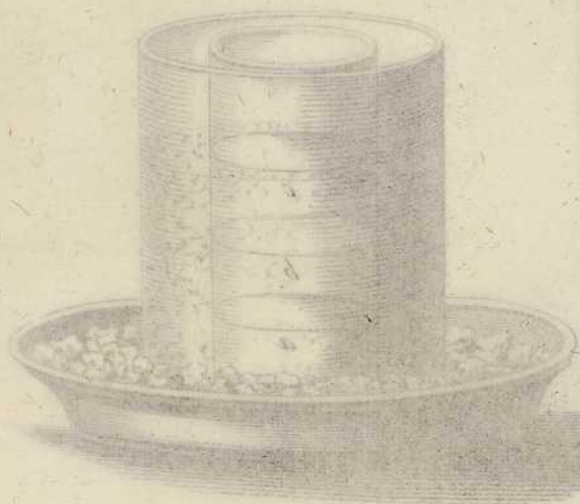


0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Pulgadas Españolas.

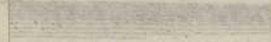
Fig. 2.



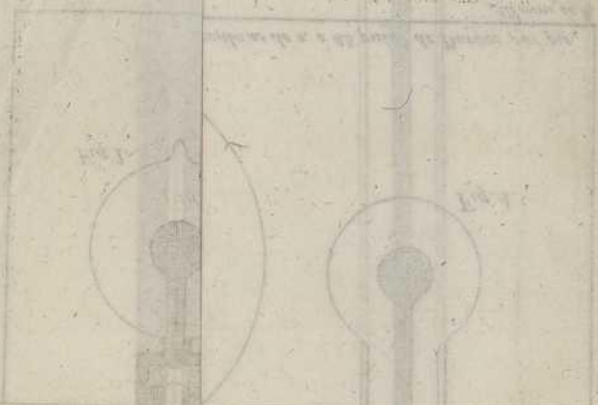
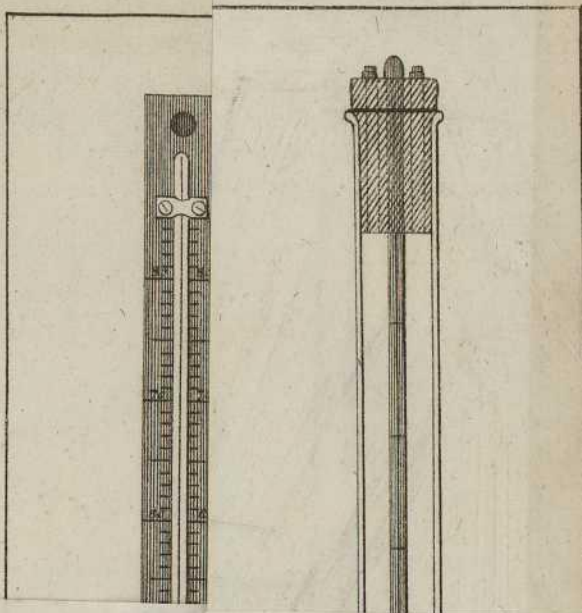
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Pulgadas Españolas.



A



Ornamento



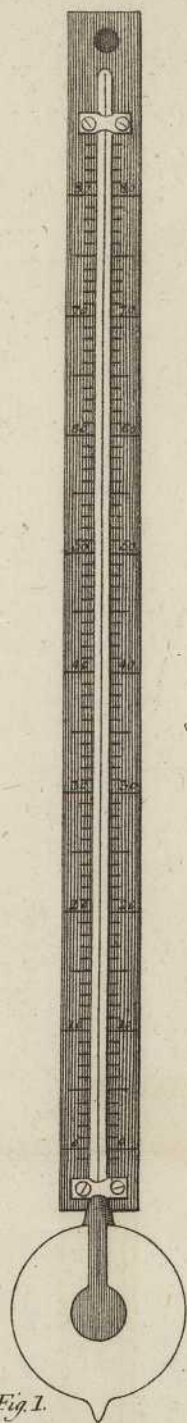


Fig. 1.

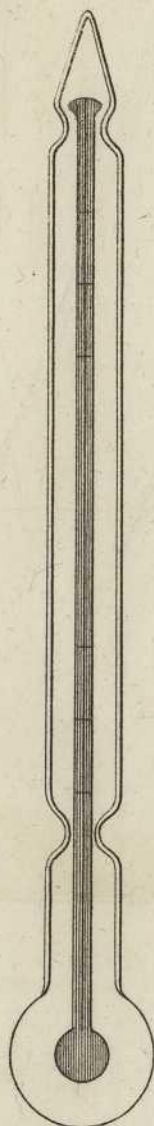


Fig. 2.

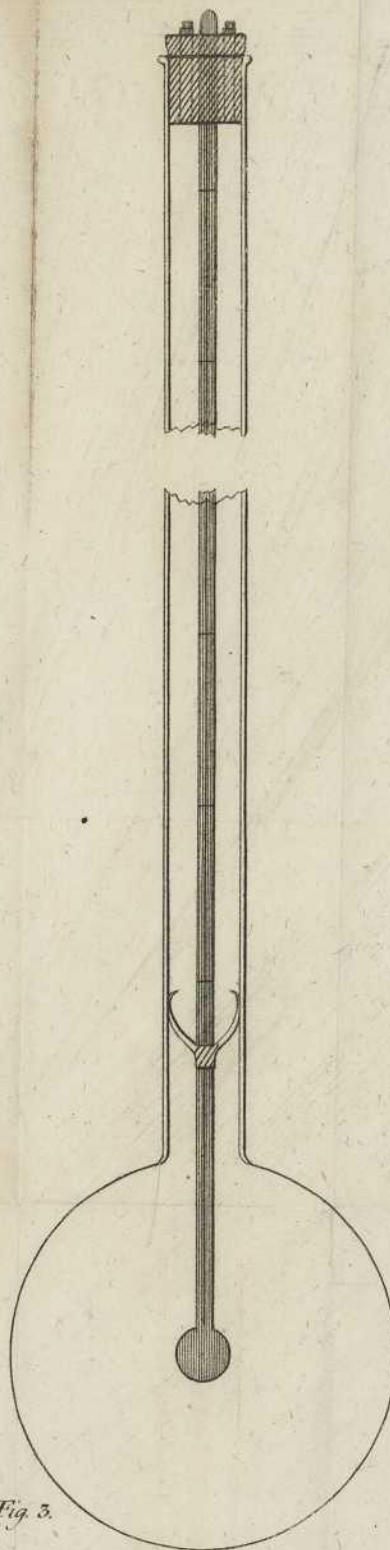


Fig. 3.

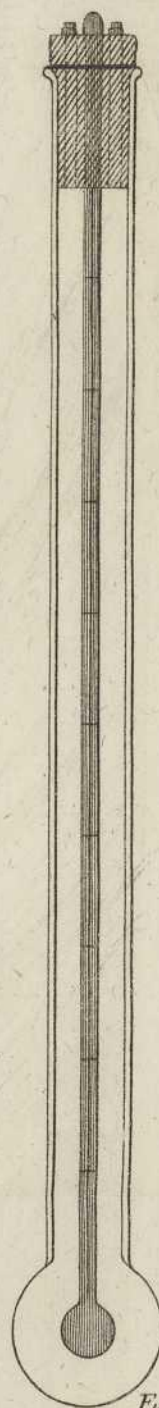
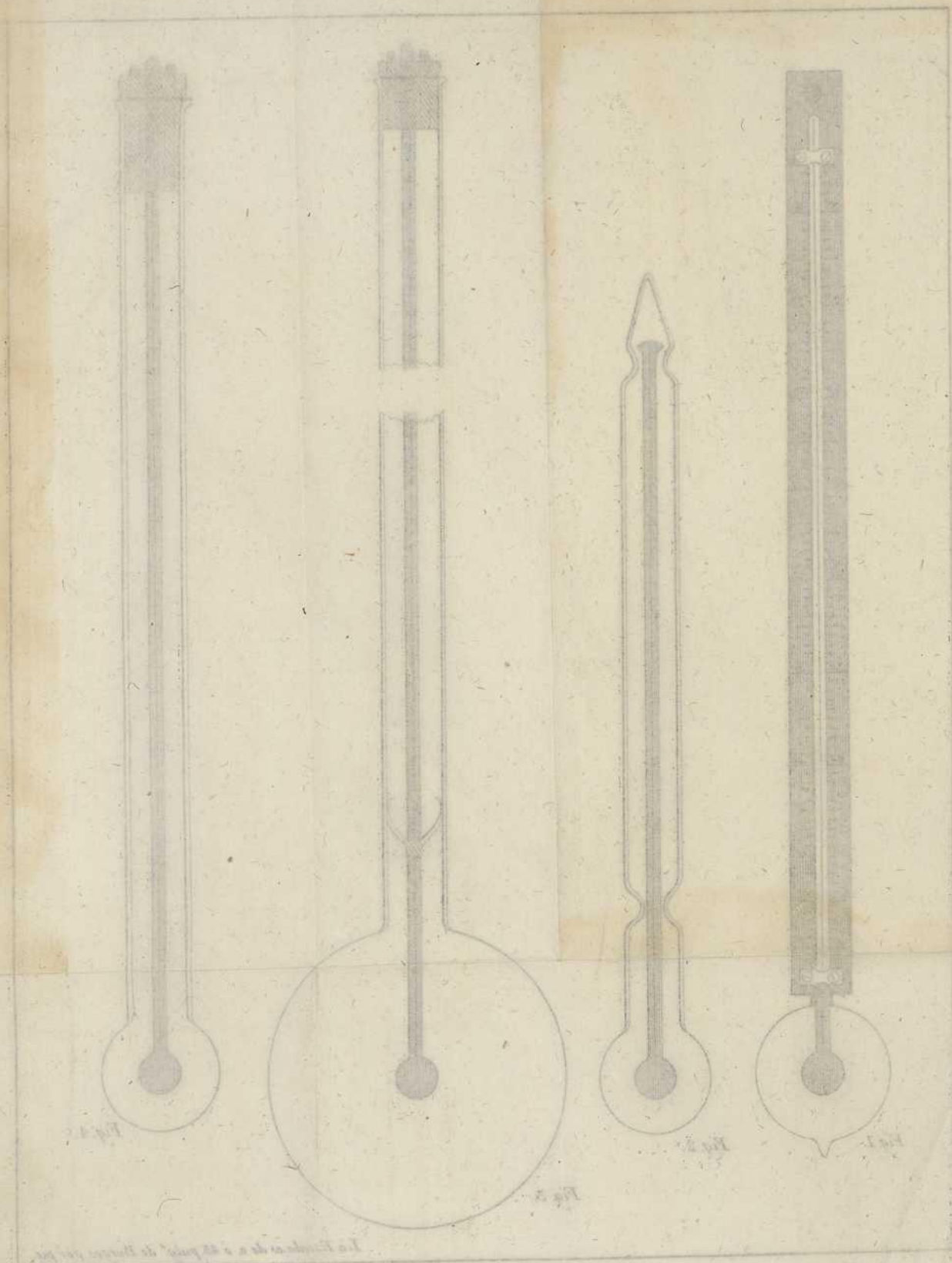


Fig. 4.

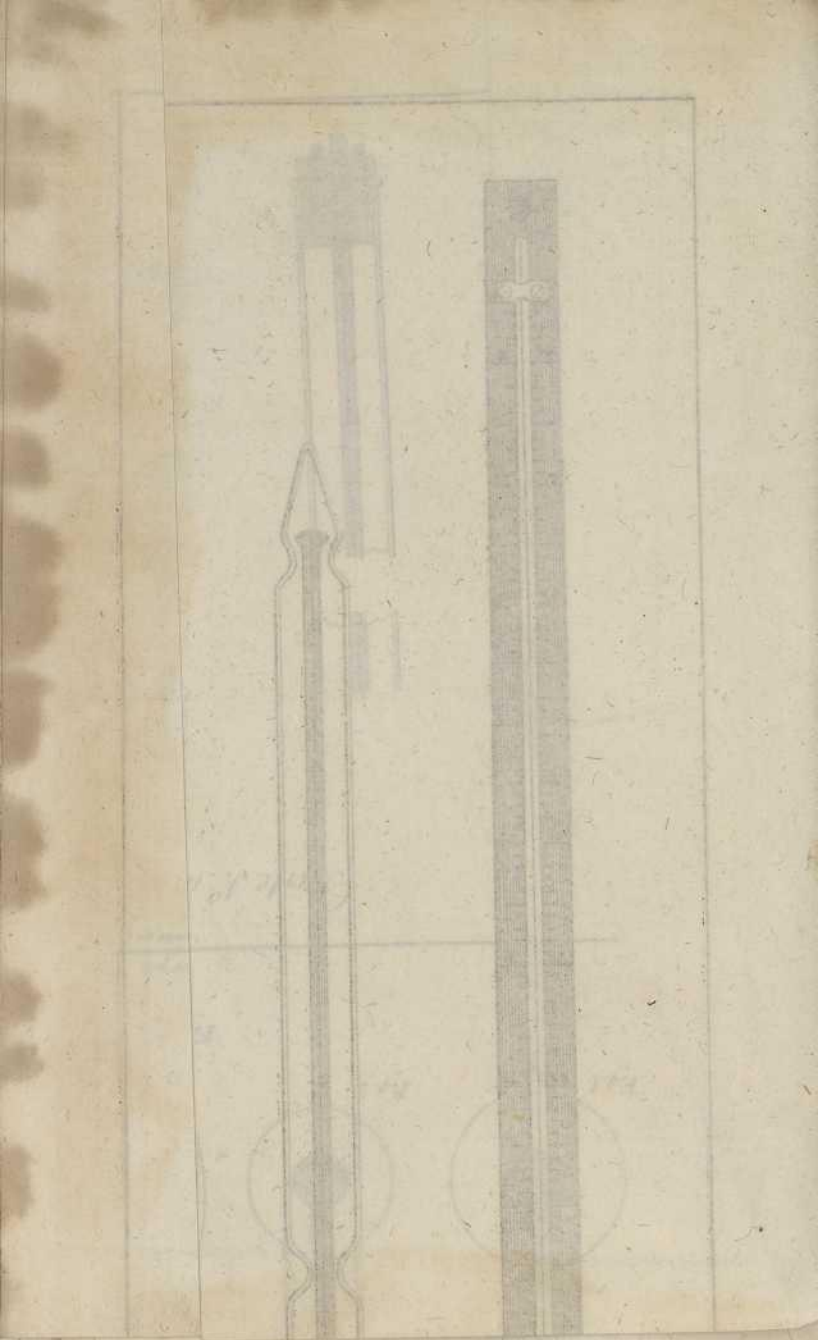
La Escala es de 0 a 45 pulg^{as} de Burgos por pie.

Albuerno gr.

Parte 1.^a del Ensayo Octavo.

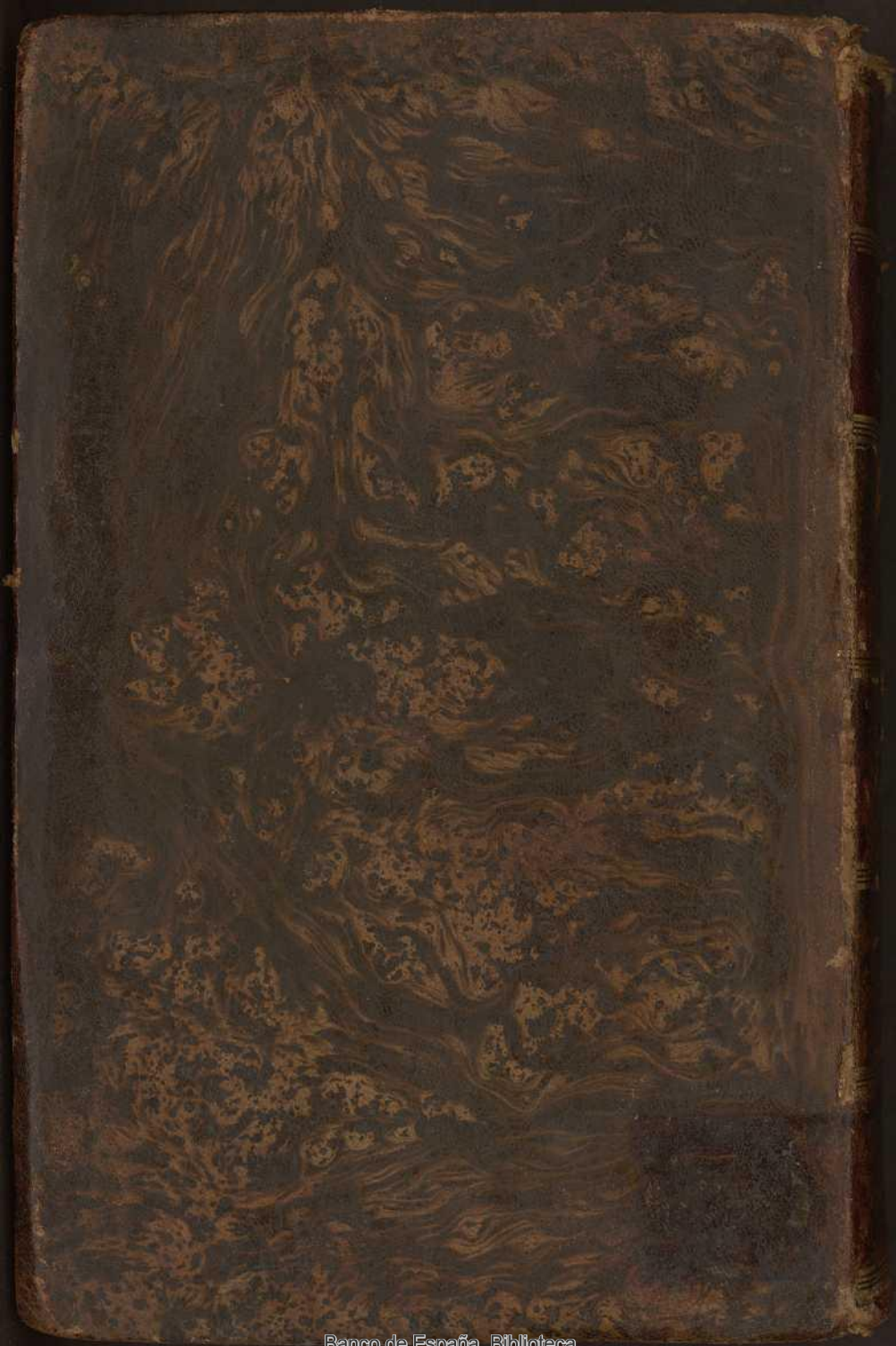


Plata 1.ª del Museo Nacional.









RUMFORD
—
ENSAYOS
POLITICOS

2